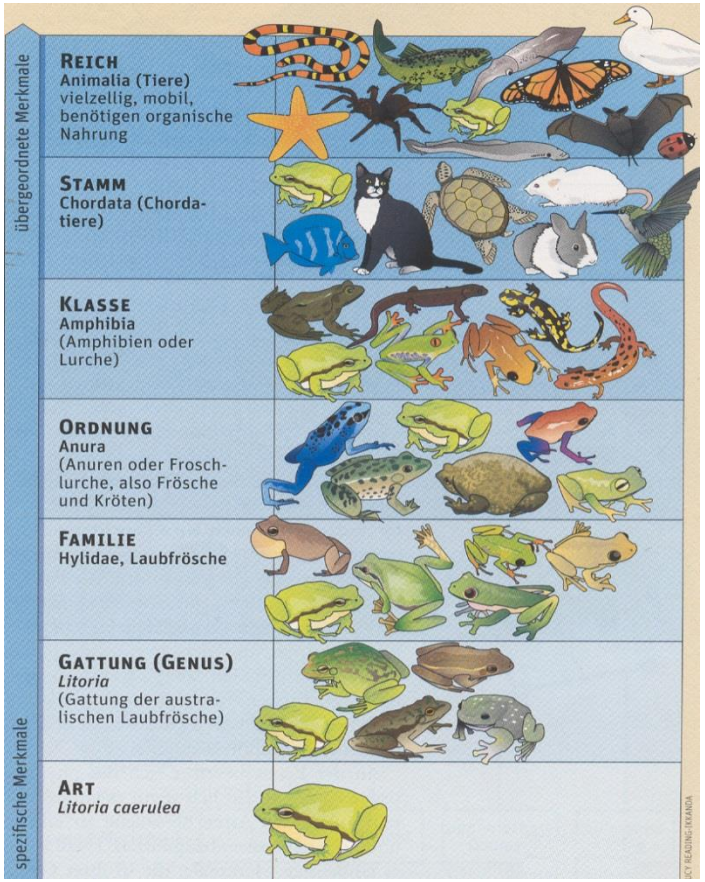
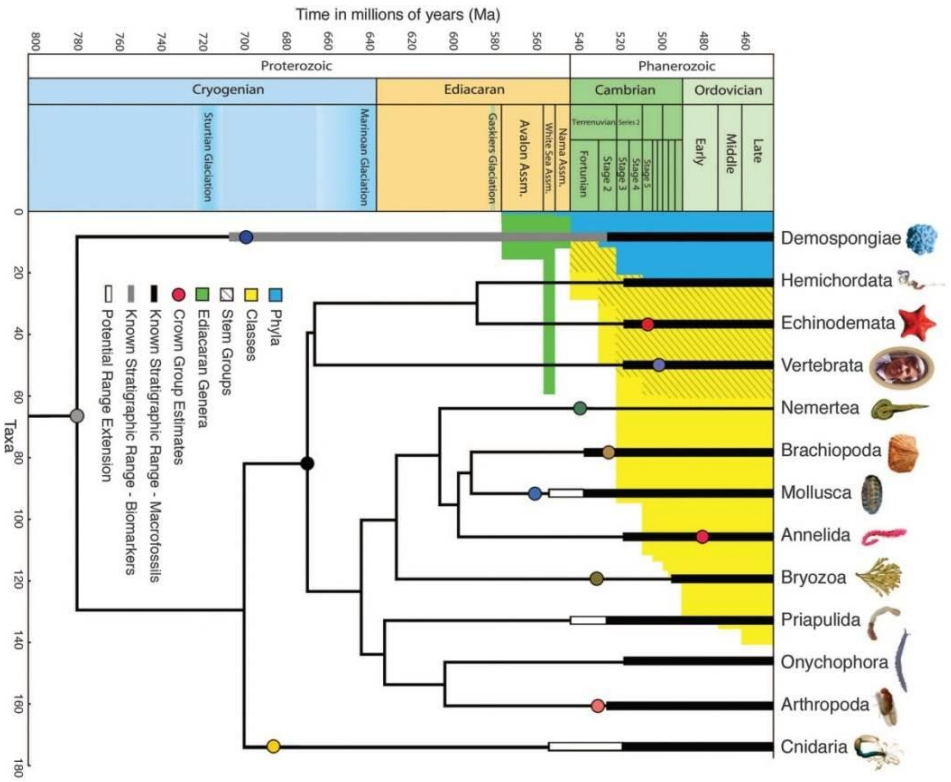
Systematische Zoologie
– oder Zoologische Systematik



- **eine Einführung ins Reich der Tiere**



Matthias Glaubrecht

CeNak
Centrum für Naturkunde

Systematische Zoologie

- **Die Vorlesung – *Was werden Sie hören ?***

Biodiversität der Tiere 9:45-11:15 Großer Hörsaal
61-011 Systematische Zoologie

Termin	KW	Datum	Thema	
1	14	2. Apr.	Einführung Zool. Systematik, Protista	
2	15	9. Apr.	Einführung, Metazoa	
3	16	16. Apr.	Metazoa, Bilateria	Protostomia
4	17	23. Apr.	Platyzoa - Mollusca	
5	18	30. Apr.	Annelida - Nematoda	
6	19	7. Mai.	Ecdysozoa: Chelicerata	
7	20	14. Mai.	Crustacea	
		Christi Himmelfahrt 21. Mai		
8	22	28. Mai.	Myriapoda - Insecta	
		Pfingstunterbrechung 4. Juni		
9	24	11. Jun.	Deuterostomia, Echinodermata	Deuterostomia
10	25	18. Jun.	Acrania, Pisces - Amphibia	
11	26	26. Jul.	Reptilia - Aves	
12	27	02. Jul 20	Mammalia	
	30	24. Jul 20	Haupttermin (Freitag)	
	40	02. Okt 20	Wiederholungstermin (Freitag)	

Crustacea – Cephalocarida

- **„*key innovations*“ = autapomorphe Merkmale**

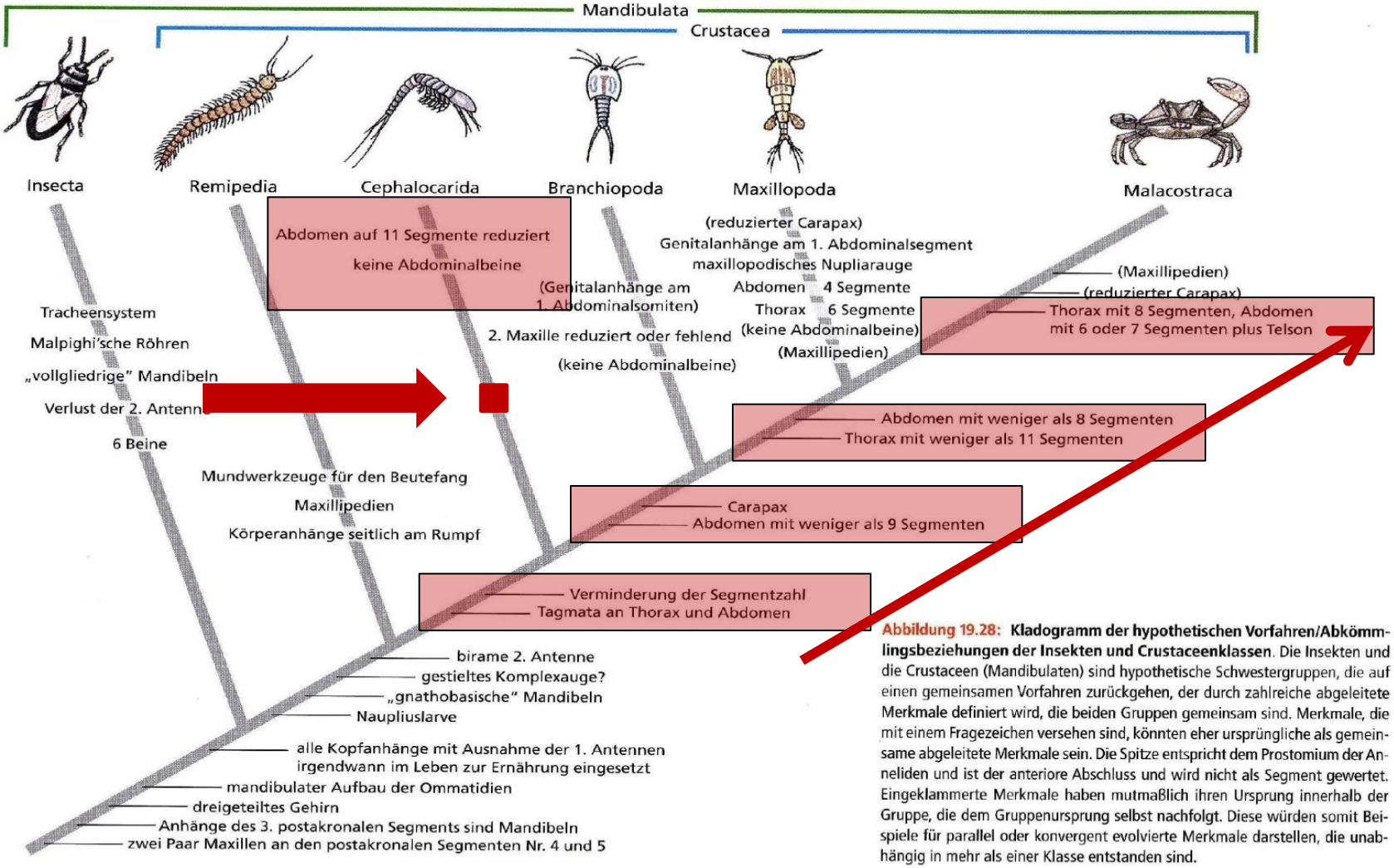
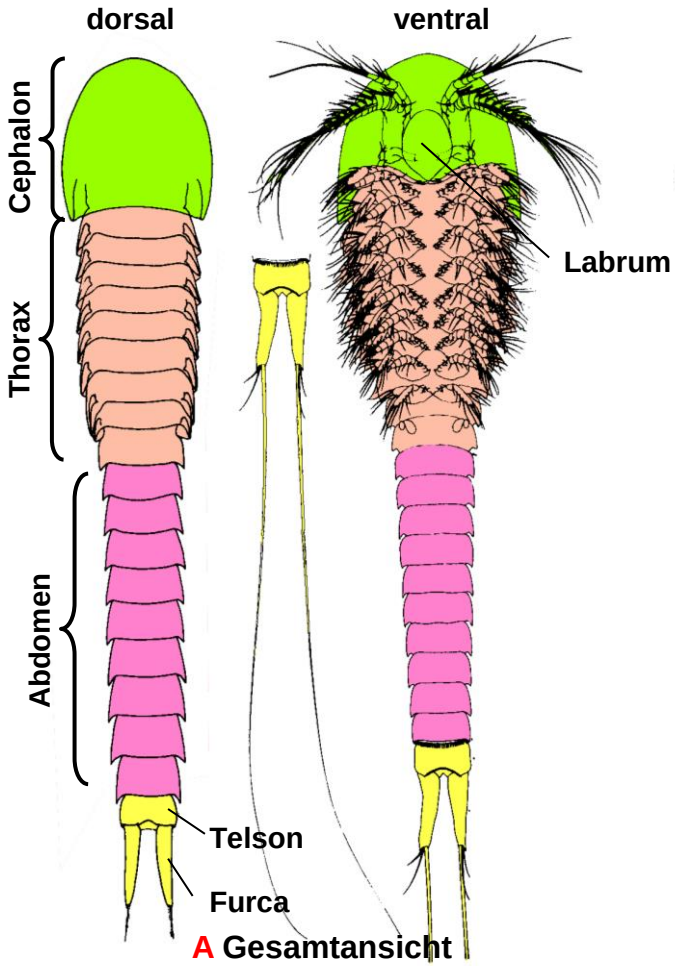


Abbildung 19.28: Kladogramm der hypothetischen Vorfahren/Abkömmlingsbeziehungen der Insekten und Crustaceenklassen. Die Insekten und die Crustaceen (Mandibulaten) sind hypothetische Schwestergruppen, die auf einen gemeinsamen Vorfahren zurückgehen, der durch zahlreiche abgeleitete Merkmale definiert wird, die beiden Gruppen gemeinsam sind. Merkmale, die mit einem Fragezeichen versehen sind, könnten eher ursprüngliche als gemeinsame abgeleitete Merkmale sein. Die Spitze entspricht dem Prostomium der Anneliden und ist der anteriore Abschluss und wird nicht als Segment gewertet. Eingeklammerte Merkmale haben mutmaßlich ihren Ursprung innerhalb der Gruppe, die dem Gruppenursprung selbst nachfolgt. Diese würden somit Beispiele für parallel oder konvergent evolvierte Merkmale darstellen, die unabhängig in mehr als einer Klasse entstanden sind.

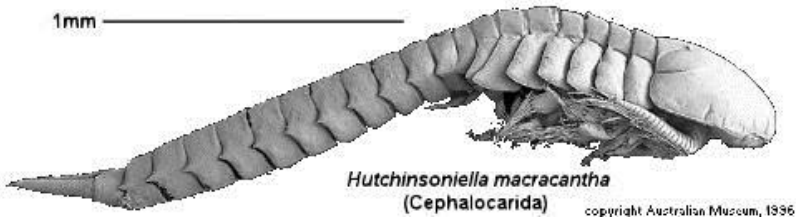
Hickman, 2008

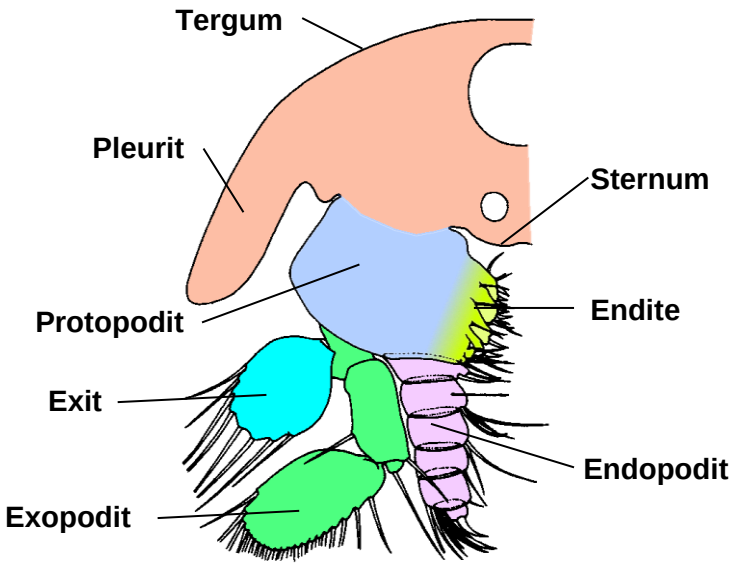
Crustacea

- **Cephalocarida – ca. 20 Arten, marin, im Sediment**



A Gesamtansicht





B Thoraxsegment mit Extremität

- 11 Abdominal - Segmente
- ohne Abdominal - Beine

Crustacea – Branchiopoda

- **„*key innovations*“ = autapomorphe Merkmale**

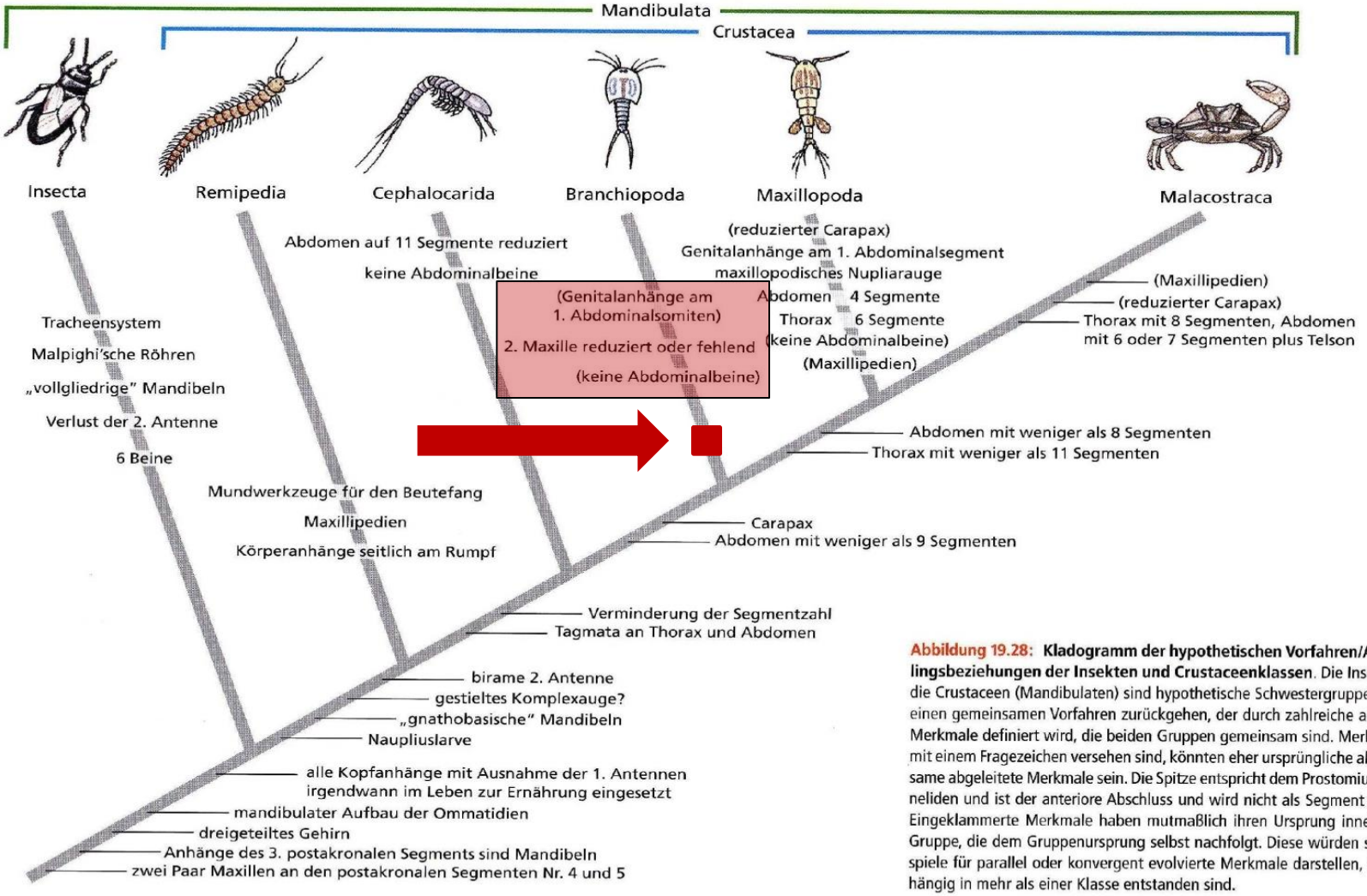


Abbildung 19.28: Kladogramm der hypothetischen Vorfahren/Abkömmlingsbeziehungen der Insekten und Crustaceenklassen. Die Insekten und die Crustaceen (Mandibulaten) sind hypothetische Schwestergruppen, die auf einen gemeinsamen Vorfahren zurückgehen, der durch zahlreiche abgeleitete Merkmale definiert wird, die beiden Gruppen gemeinsam sind. Merkmale, die mit einem Fragezeichen versehen sind, könnten eher ursprüngliche als gemeinsame abgeleitete Merkmale sein. Die Spitze entspricht dem Prostomium der Anneliden und ist der anteriore Abschluss und wird nicht als Segment gewertet. Eingeklammerte Merkmale haben mutmaßlich ihren Ursprung innerhalb der Gruppe, die dem Gruppenursprung selbst nachfolgt. Diese würden somit Beispiele für parallel oder konvergent evolvierte Merkmale darstellen, die unabhängig in mehr als einer Klasse entstanden sind.

Hickman, 2008

Crustacea – Maxillopoda

- **„*key innovations*“ = autapomorphe Merkmale**

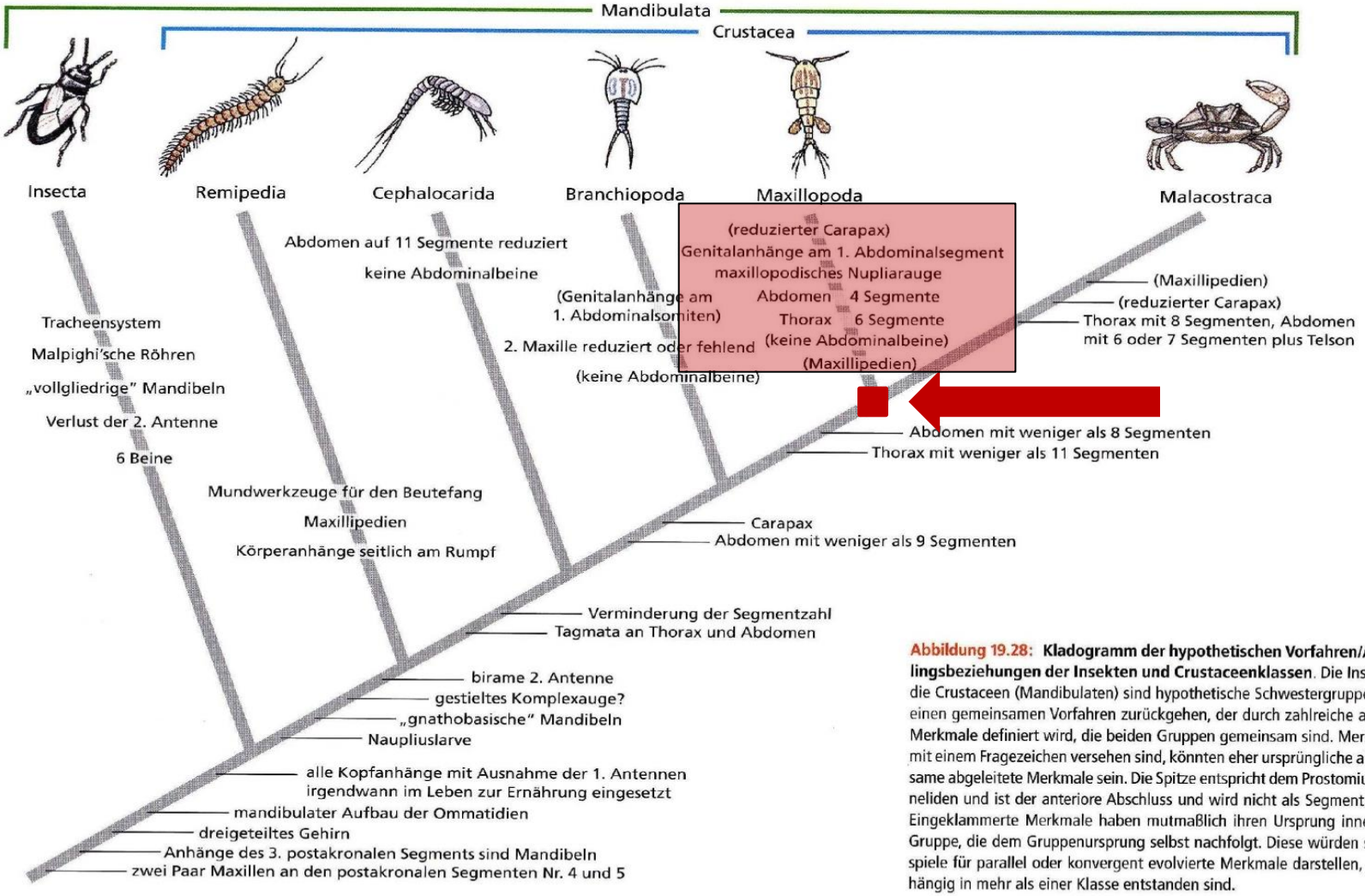
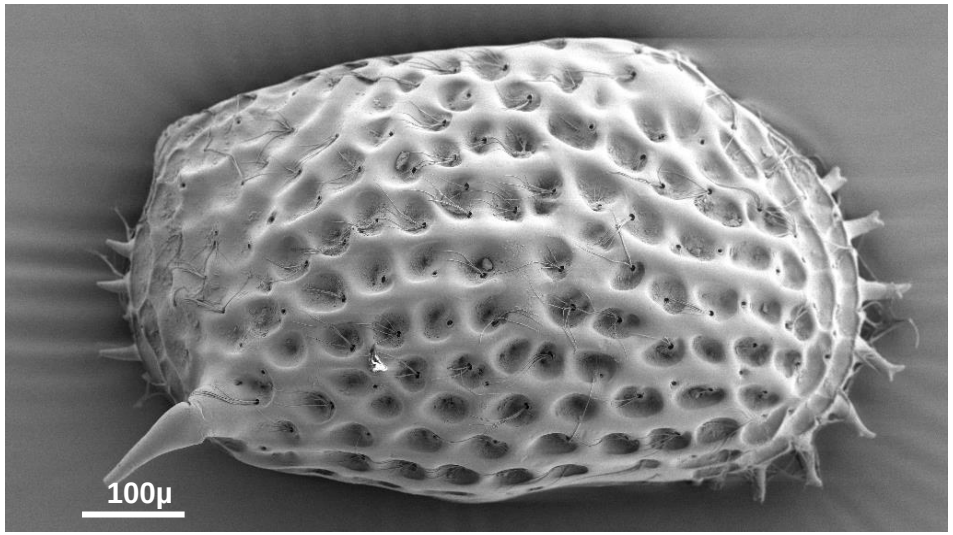


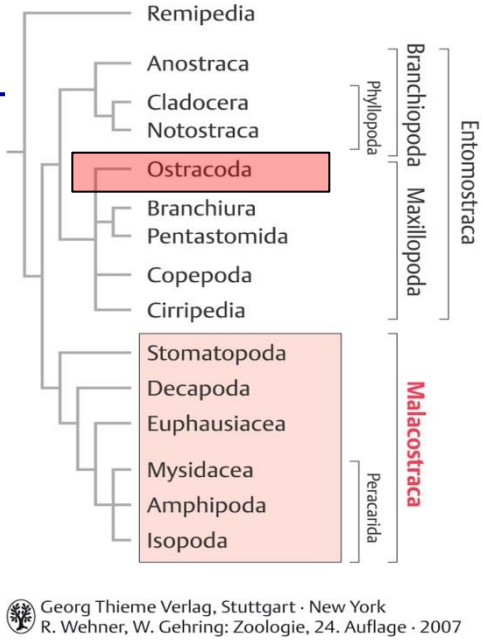
Abbildung 19.28: Kladogramm der hypothetischen Vorfahren/Abkömmlingsbeziehungen der Insekten und Crustaceenklassen. Die Insekten und die Crustaceen (Mandibulaten) sind hypothetische Schwestergruppen, die auf einen gemeinsamen Vorfahren zurückgehen, der durch zahlreiche abgeleitete Merkmale definiert wird, die beiden Gruppen gemeinsam sind. Merkmale, die mit einem Fragezeichen versehen sind, könnten eher ursprüngliche als gemeinsame abgeleitete Merkmale sein. Die Spitze entspricht dem Prostomium der Anneliden und ist der anteriore Abschluss und wird nicht als Segment gewertet. Eingeklammerte Merkmale haben mutmaßlich ihren Ursprung innerhalb der Gruppe, die dem Gruppenursprung selbst nachfolgt. Diese würden somit Beispiele für parallel oder konvergent evolvierte Merkmale darstellen, die unabhängig in mehr als einer Klasse entstanden sind.

Hickman, 2008

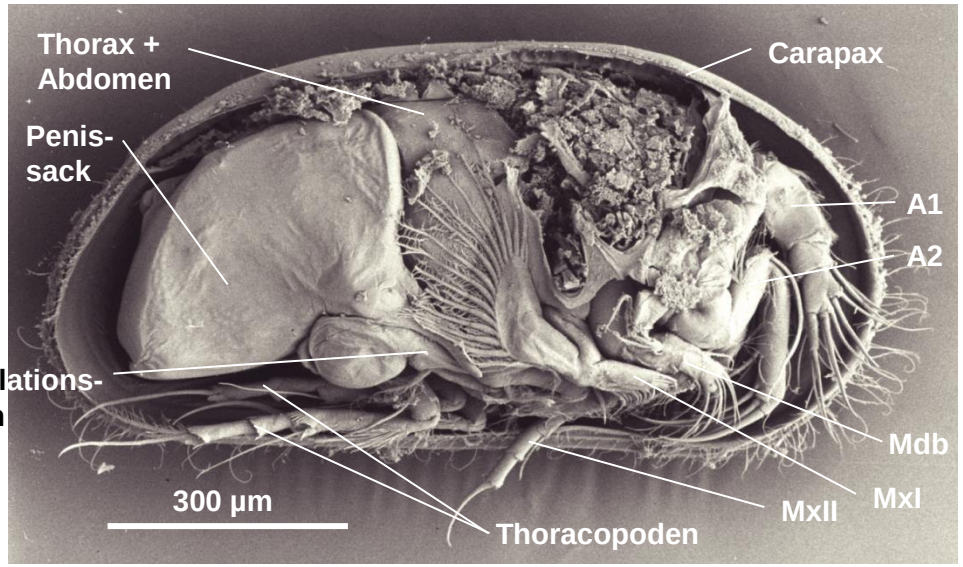
Crustacea – Maxillopoda

- **Ostracoda, Muschelkrebse - ca. 65.000 Arten (rez. & foss.)**



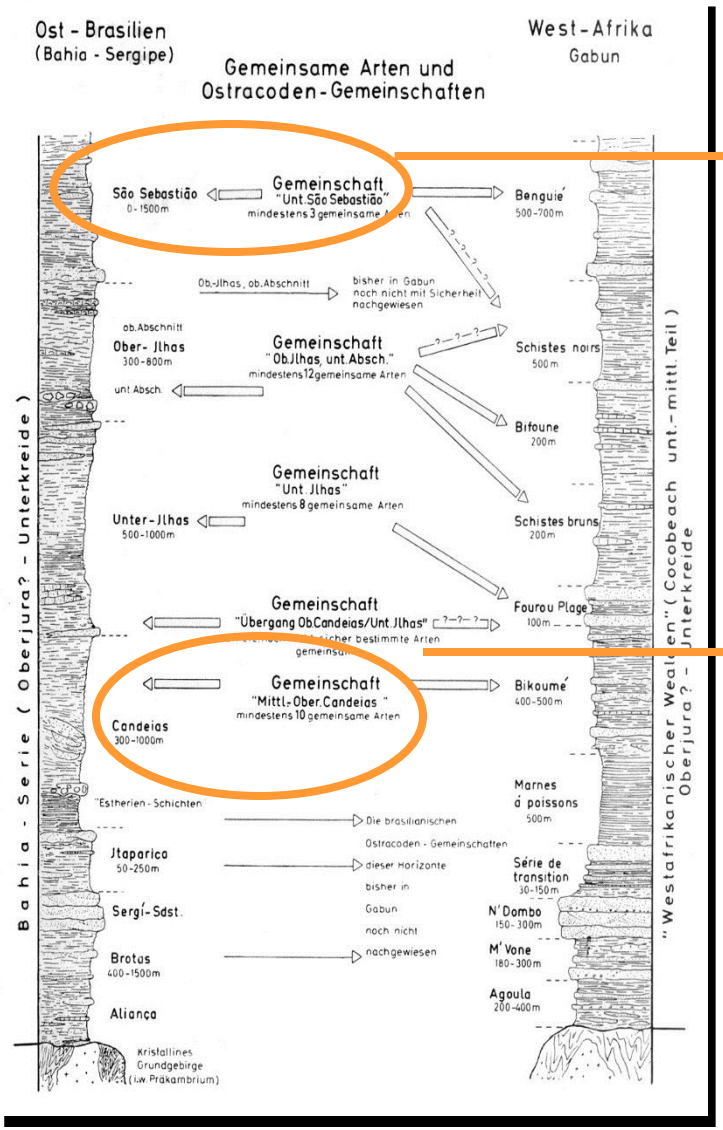


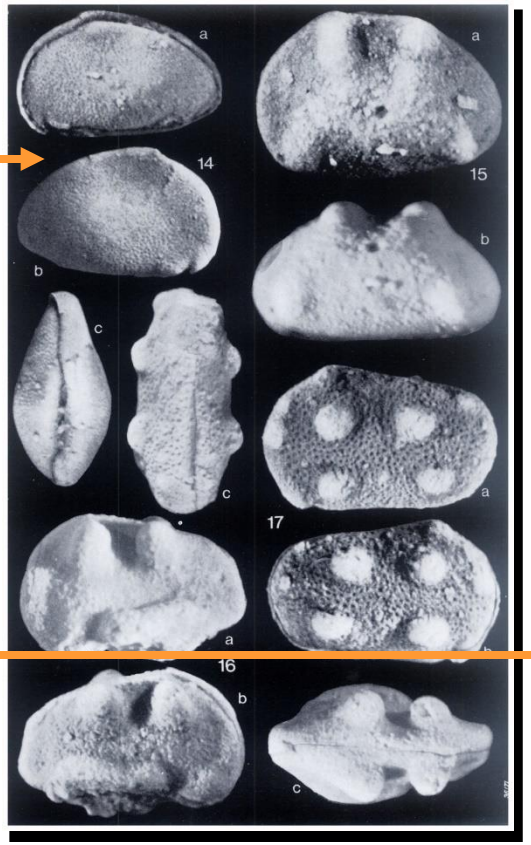
Außenansicht des Carapaxes



rechte Carapaxhälfte
abgenommen

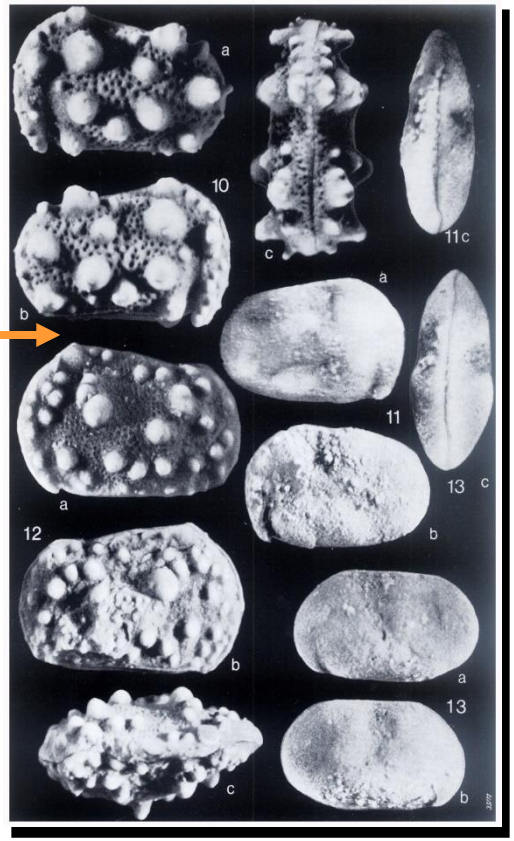
Nicht-marine Ostracoden des „Wealden" (Unter-Kreide)





***Cypridea* (*Sebastianites*)-Arten**
Sao Sebastiao-Schichten

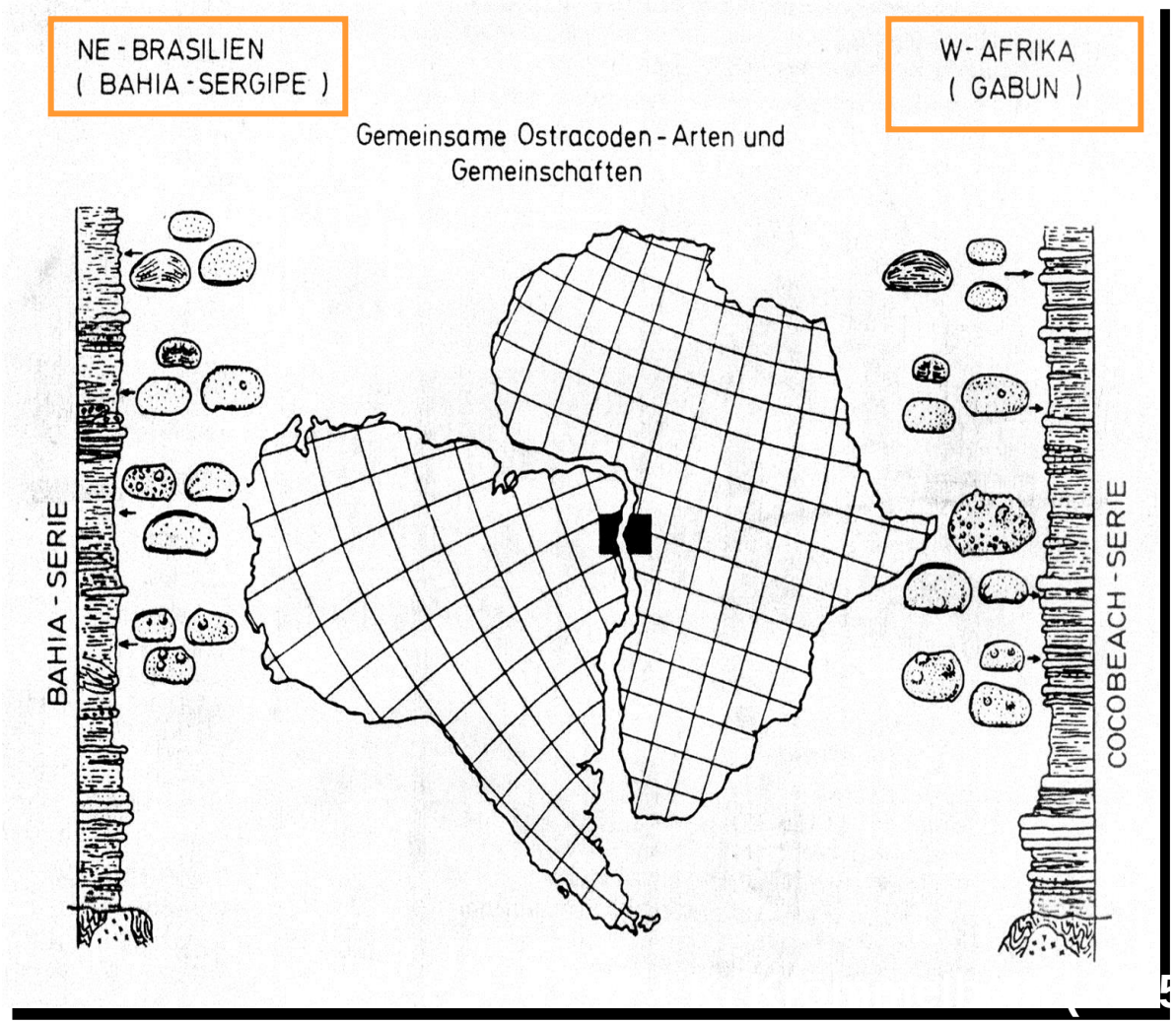
***Cypridea*-Arten**
Condeias-Schichten



Nicht-marine Ostracoden des „Wealden" (Unter-Kreide)

Übereinstimmende amphi-atlantische Bohr-Profile

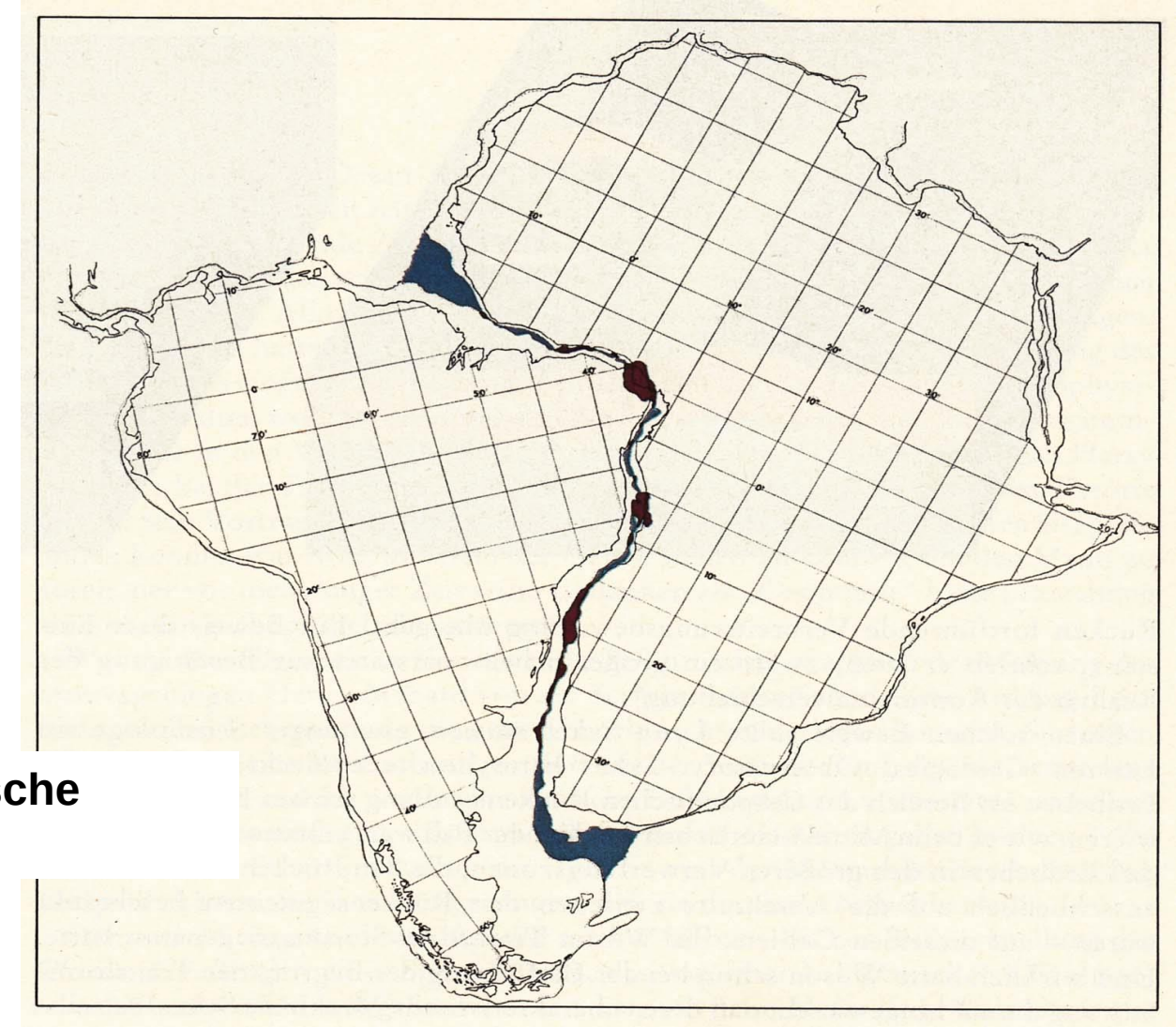
im „Wealden" (jüngster Jura - ältere Kreide)



Nicht-marine Ostracoden des „Wealden" (Unter-Kreide)

Übereinstimmende amphi-atlantische Bohr-Profile

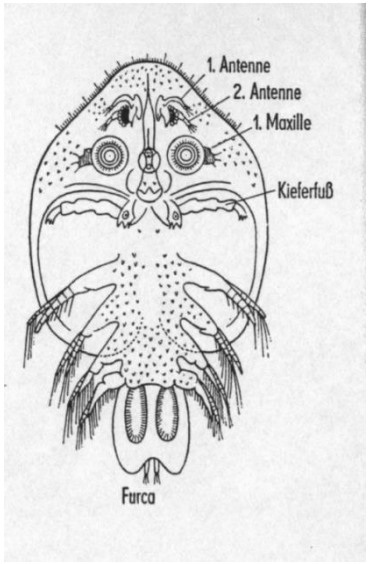
im „Wealden“ (jüngster Jura - ältere Kreide)

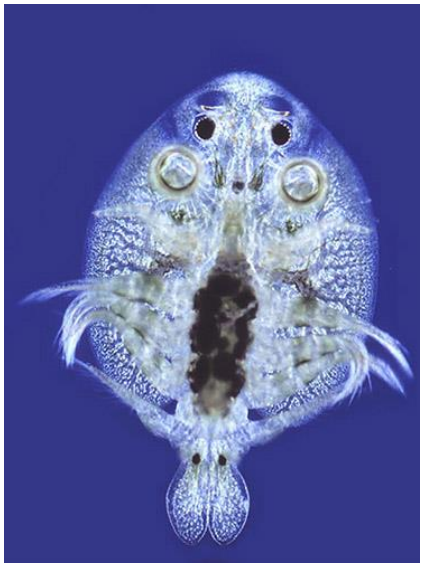


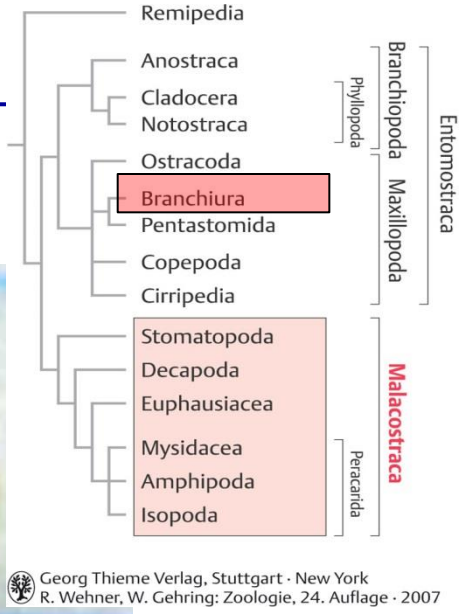
Der afro-amerikanische Doppelkontinent

Crustacea – Maxillopoda

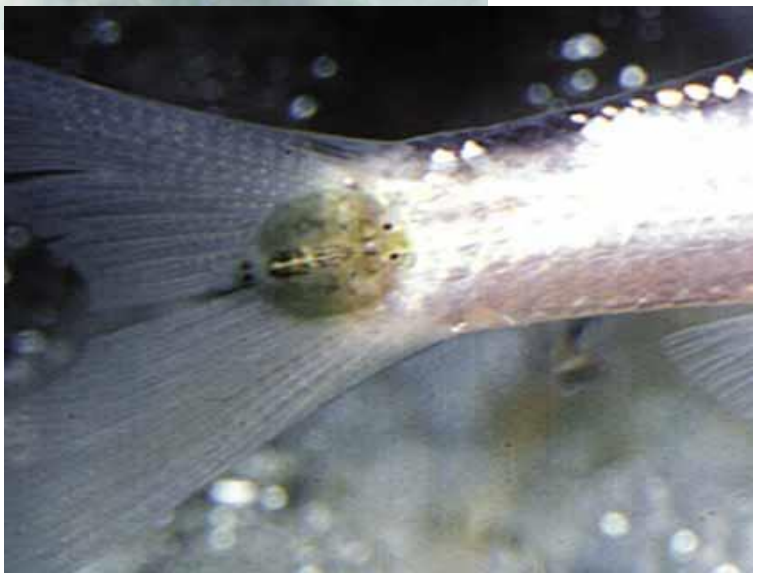
- **Branchiura, Fischläuse - ca. 130 Arten**







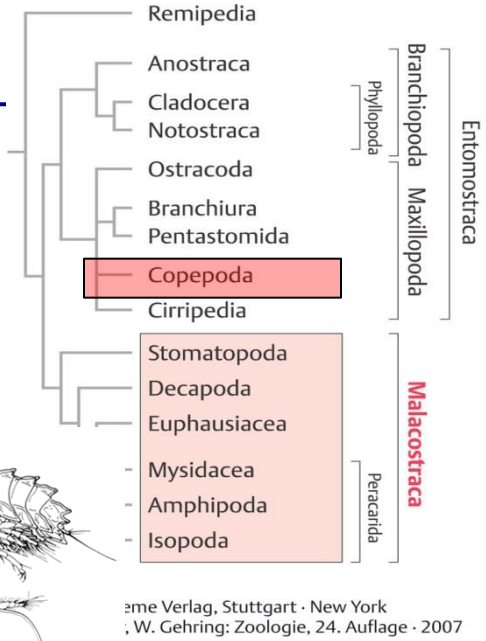
- Ektoparasiten an Fischen
- fressen Mucus oder Blut des Wirtes
- Körper stark dorsoventral abgeflacht
- 1. Maxille mit Saugnäpfen oder Haken

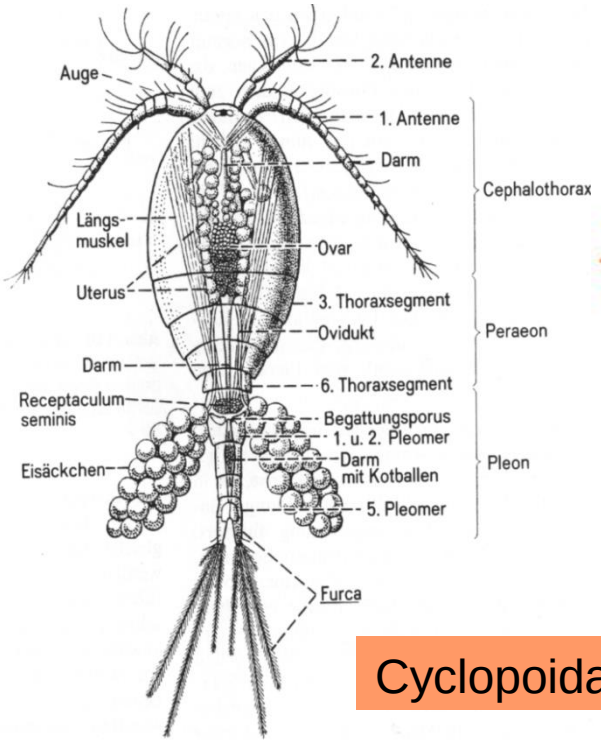


Argulus foliaceus

Crustacea – Maxillopoda

- **Copepoda, Ruderfußkrebse** - **mit ~ 13.000 Spezies**
  artenreichste Crustacea
- **größter Anteil des marinen Zooplanktons**
  - wichtiges Element der marinen Nahrungskette

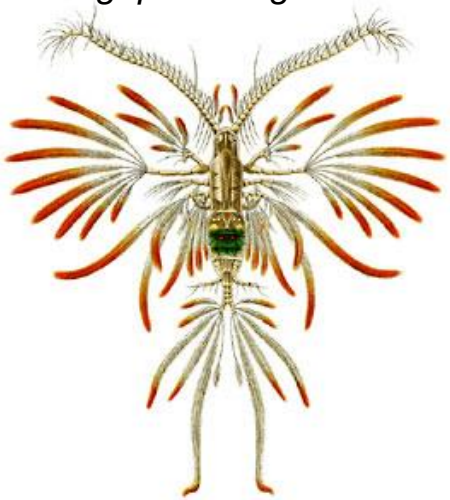


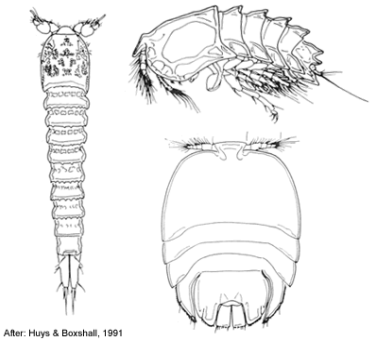


Cyclopoida

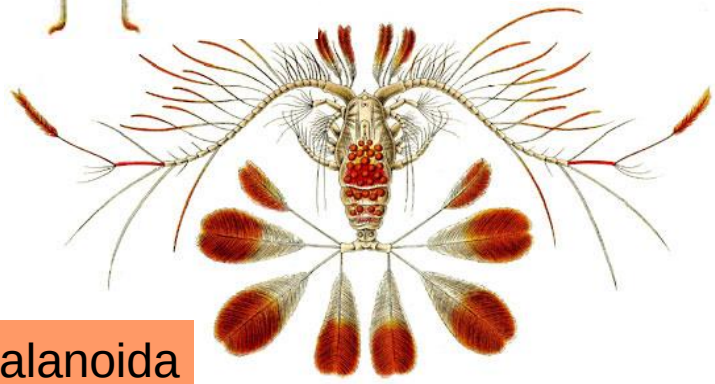
Macrocyclops albidus

Augaptilus filigerus





Harpacticoida

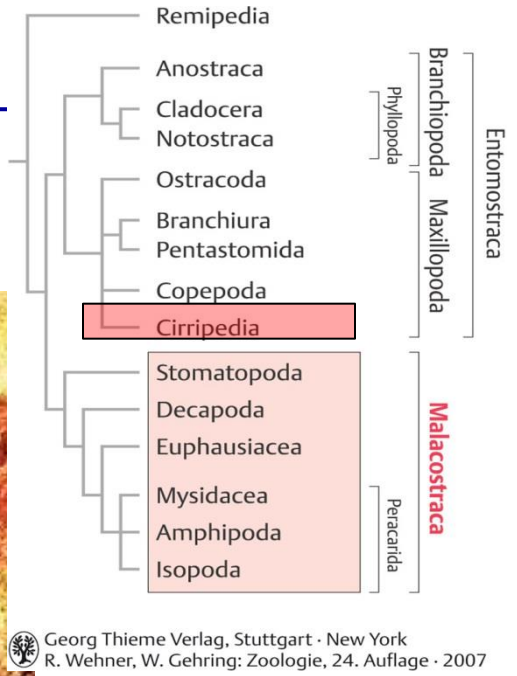


Calanoida

Calanus pavo

Crustacea – Maxillopoda

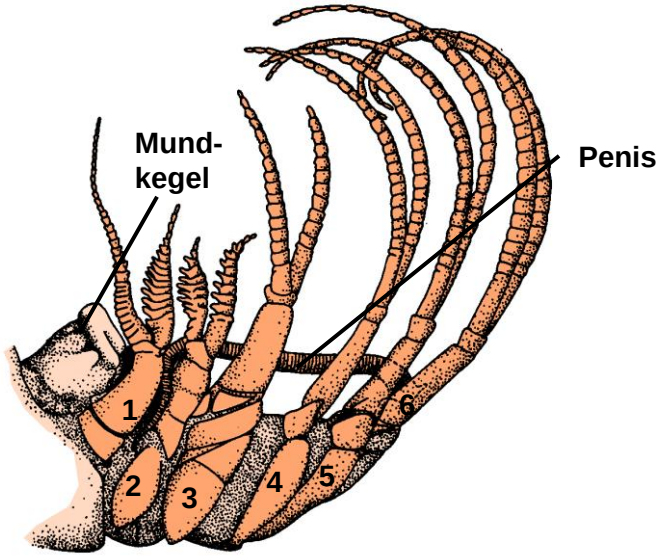
- **Cirripedia, Rankenfußkrebse – ca. 800 Arten, marin**



Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

Balanus

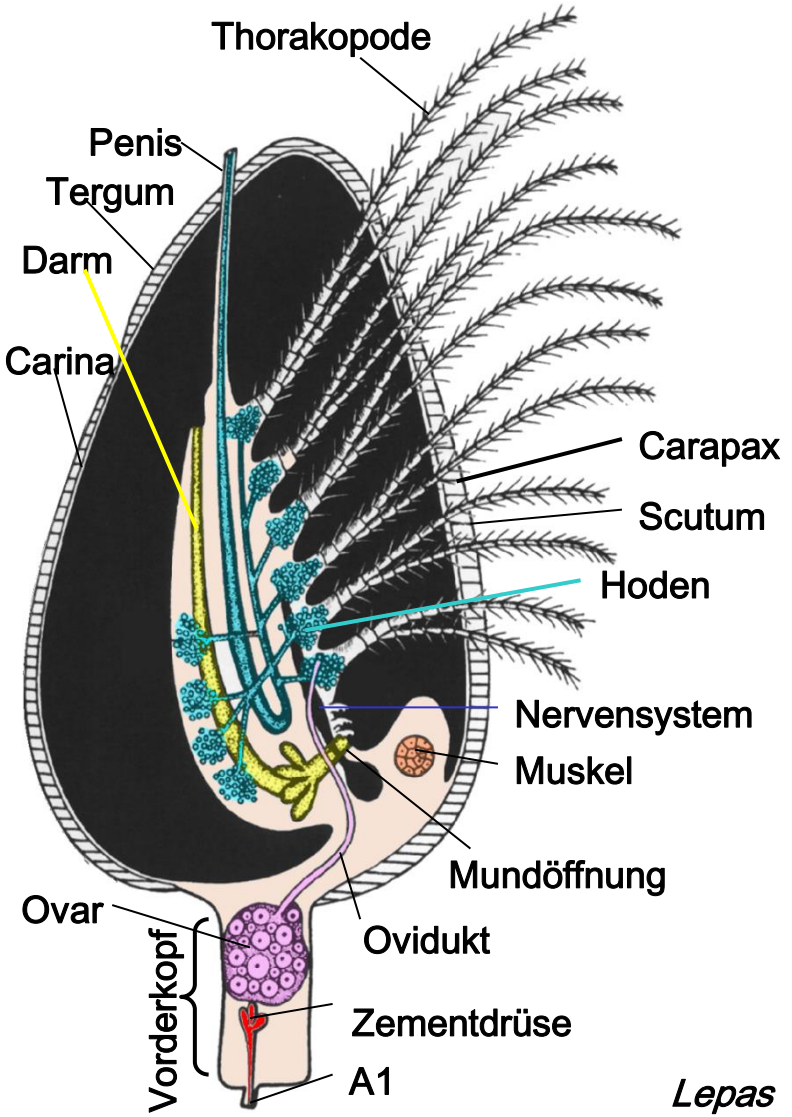
Crustacea – Maxillopoda

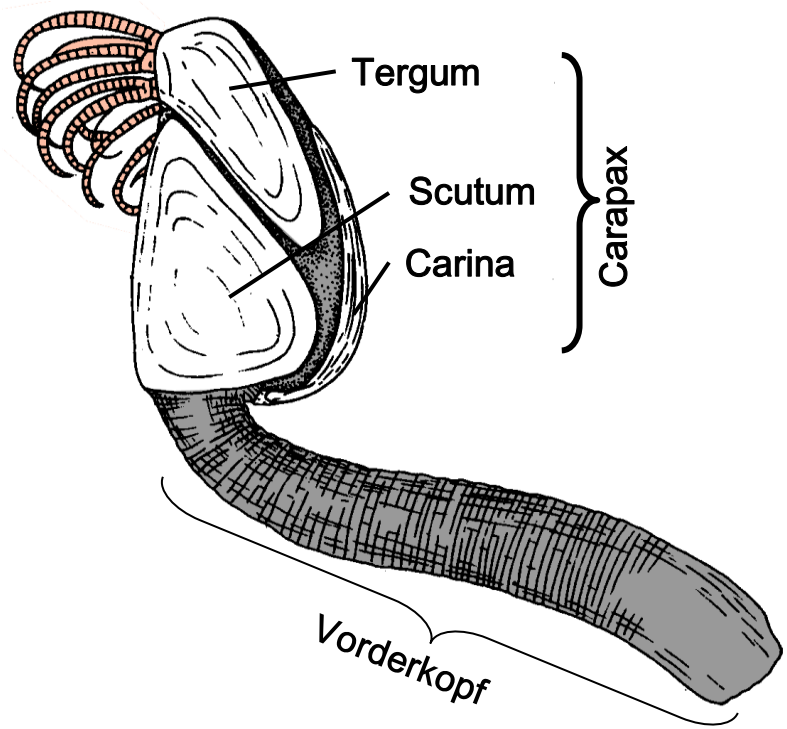


***Balanus* (ohne Vorderkopf)**

Crustacea – Maxillopoda

- **Cirripedia – *Lepas*, Entenmuschel**



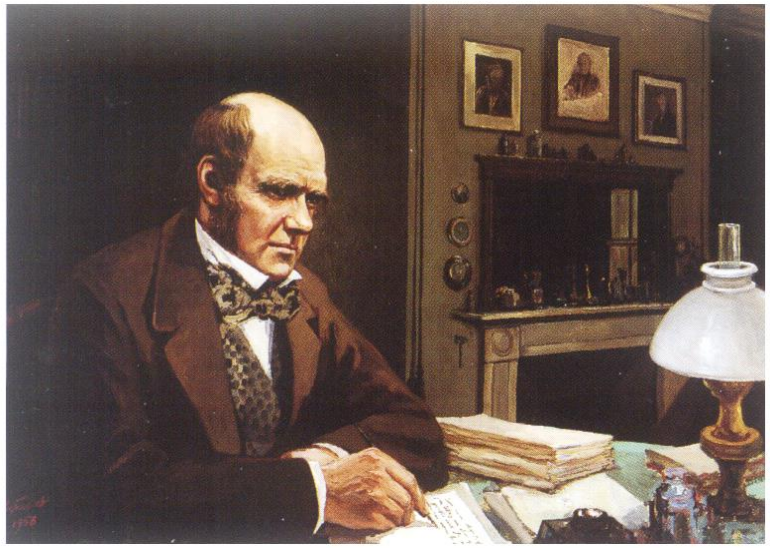


Lepas mit geöffnetem Carapax

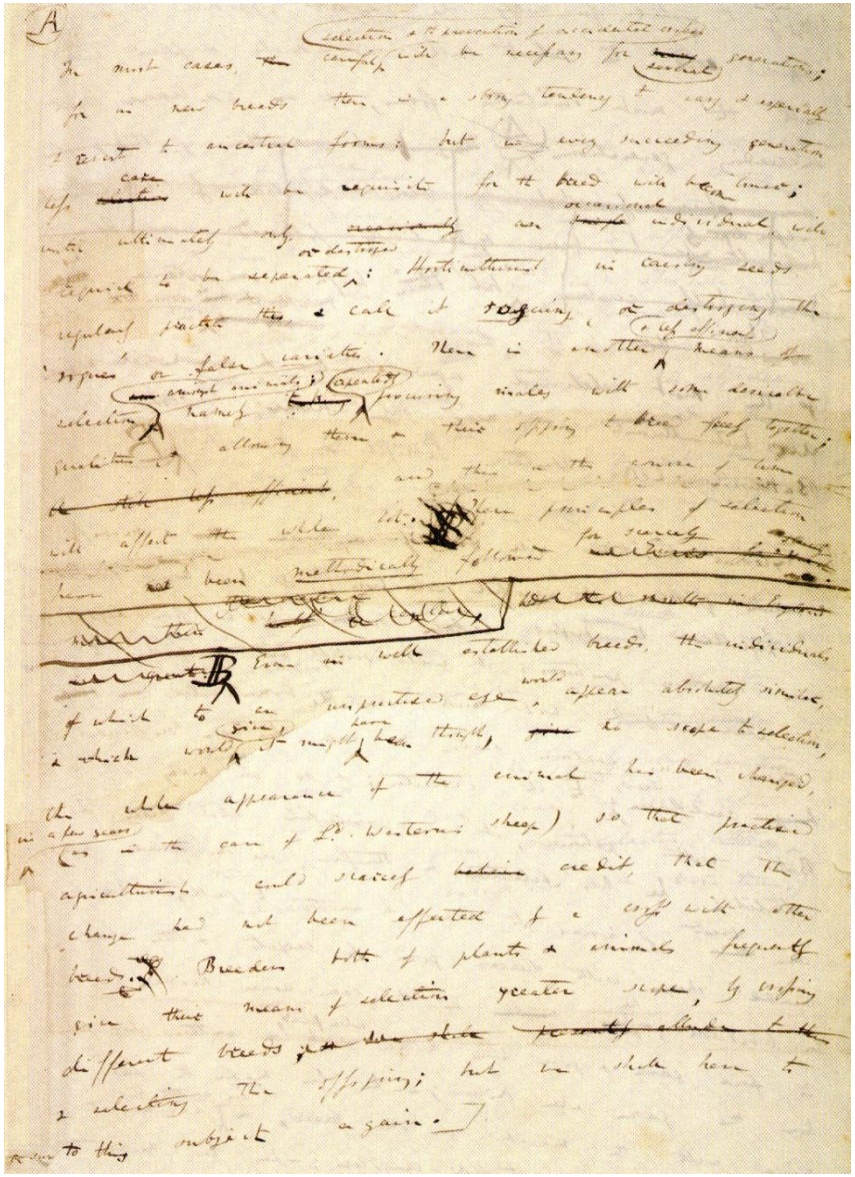
Darwins zweite Reise zur Erkenntnis - Down House, Bromley

- **Landsitz in der Grafschaft Kent, 1842 – 1882**

Mehr als 20 Jahren Arbeit an der „*Artenfrage*“



Darwins Essay von 1844



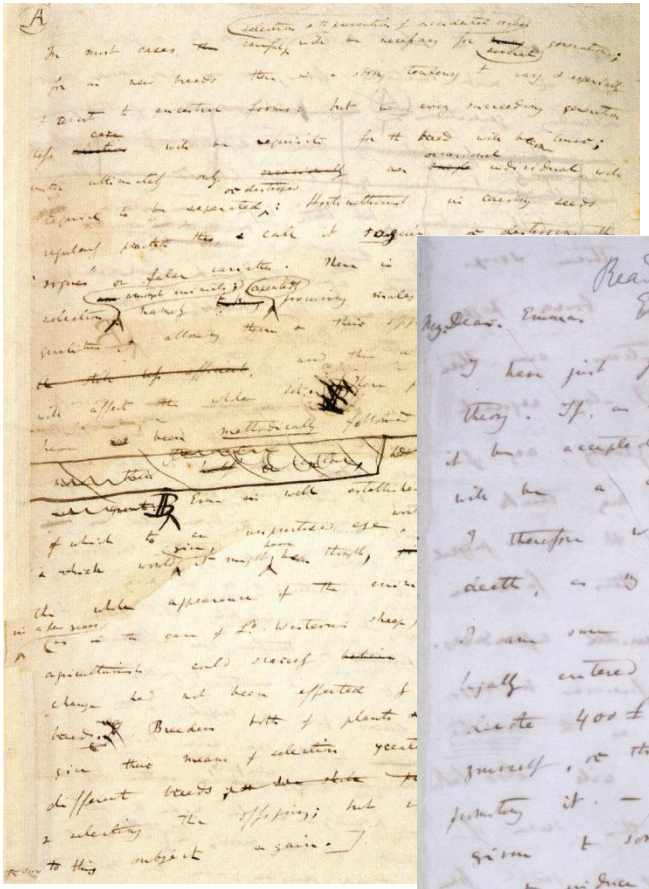
- **230 Seiten, 52.000 Wörter**

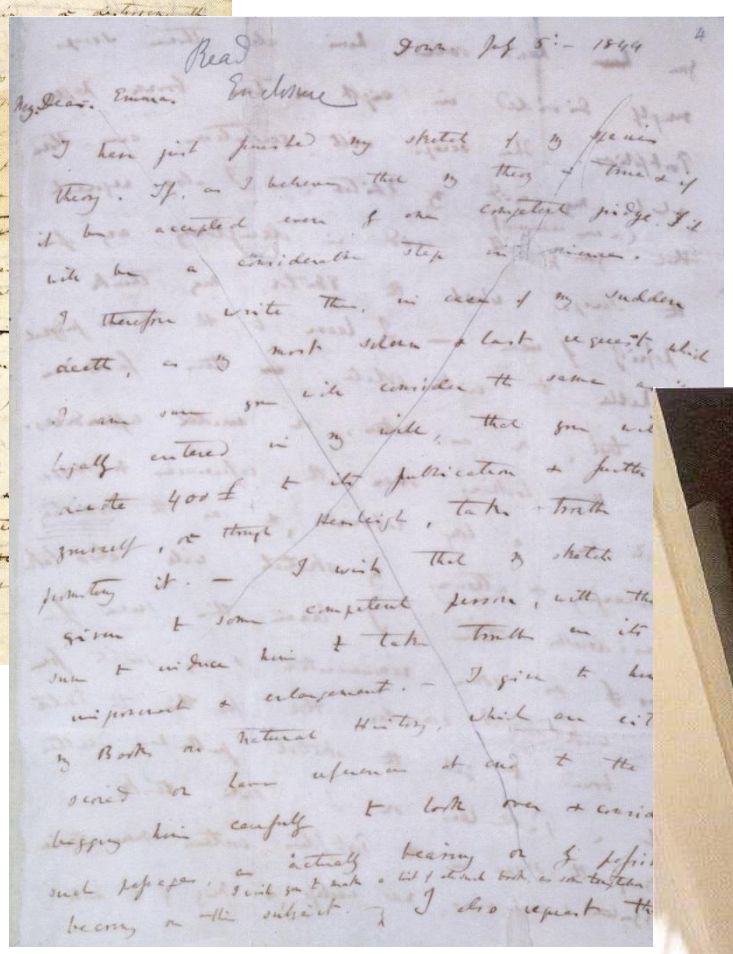
- gleicher Aufbau und gleiche Argumentationsstruktur wie in der „*Entstehung der Arten*“

***„… und diese* [Theorie] *wurde dann während des Sommers 1844 zu einem zweiten* [Abriß] *von 230 Seiten erweitert, den ich ordentlich umgeschrieben habe und noch besitze.*“**

CD, Autobiographie (1876)

Darwins Essay von 1844



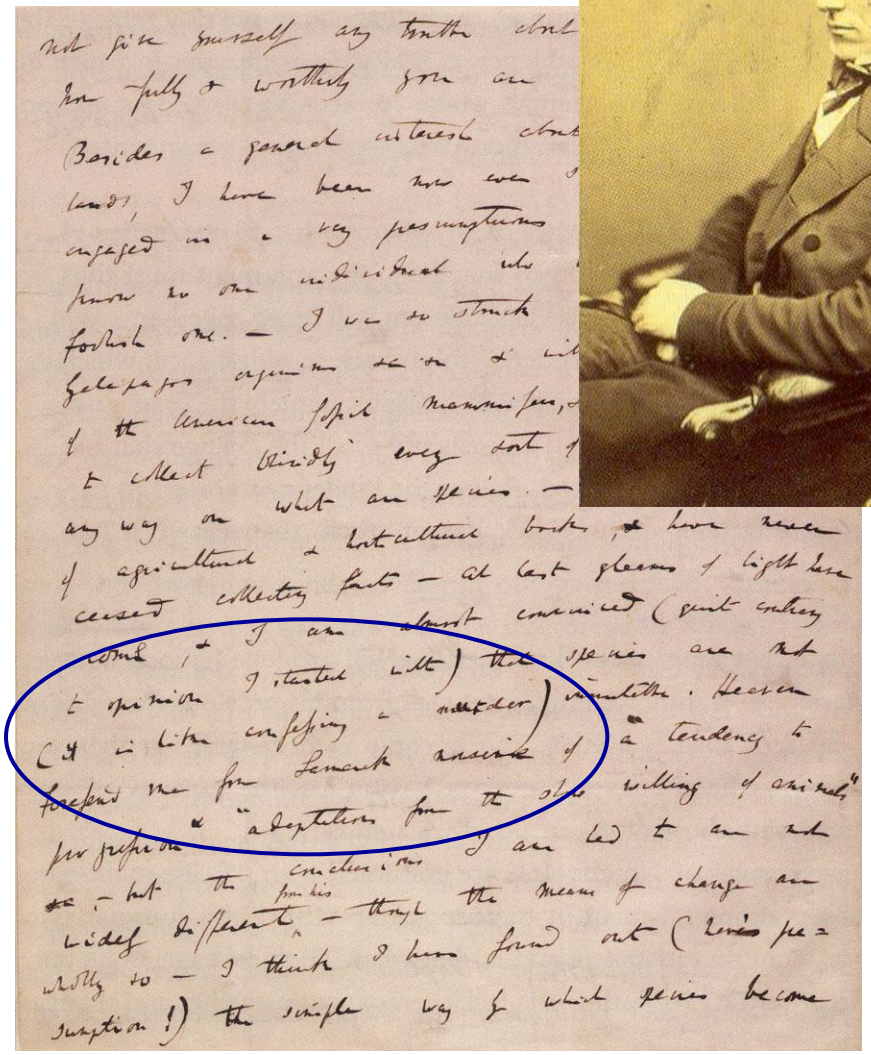


- **Original - Manuskript**

- **Brief an Emma Darwin, Juli 1844**

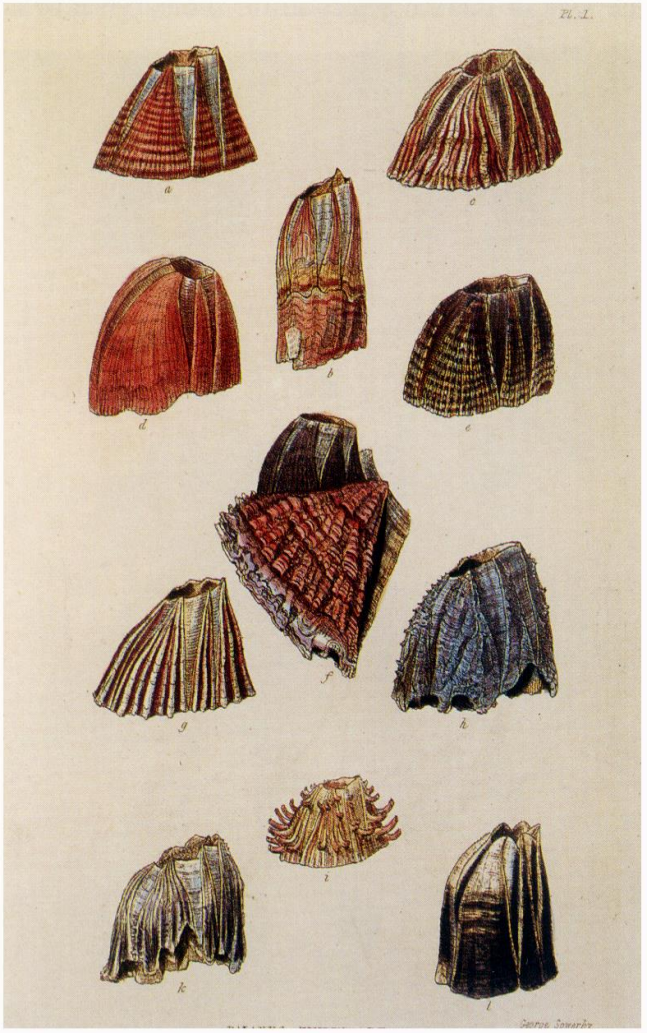
Darwins Geständnis: *„ … like confessing a murder“*

Joseph Dalton Hooker



CDs Brief, 1844

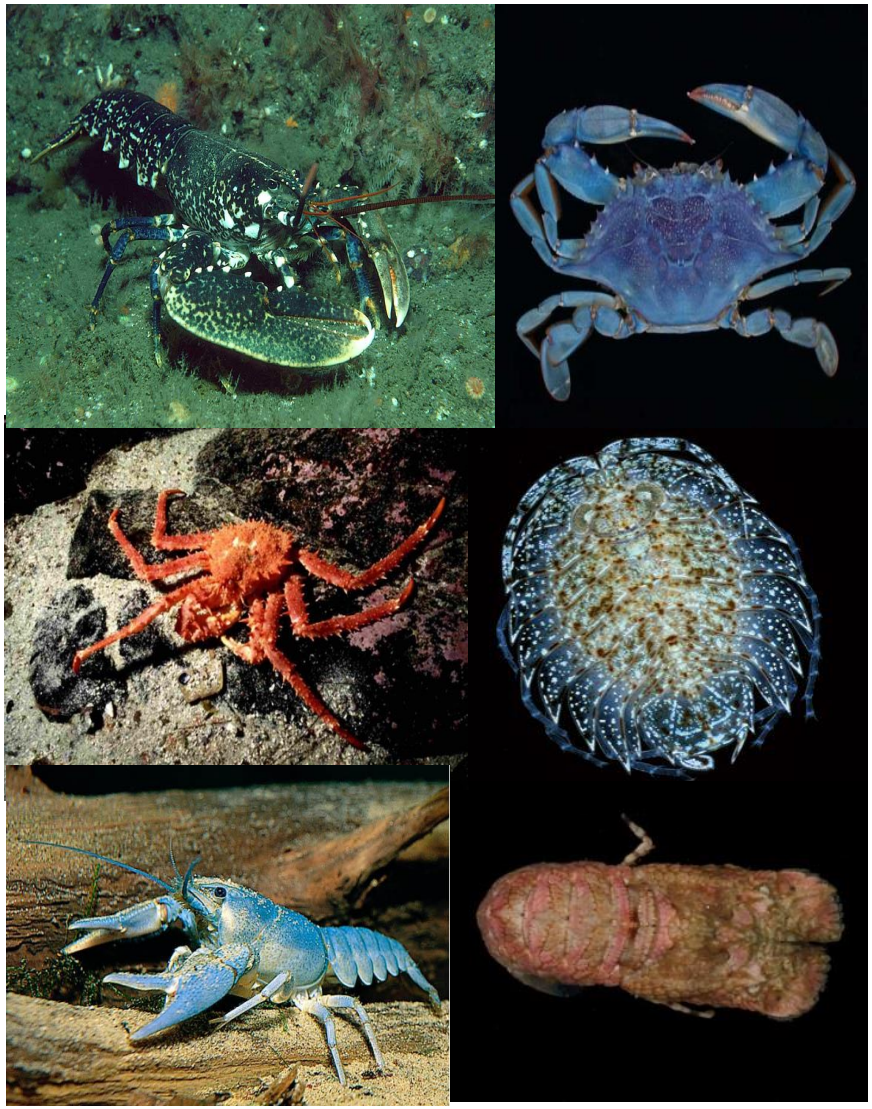
Cirripedia-Studien, 1846 - 1854

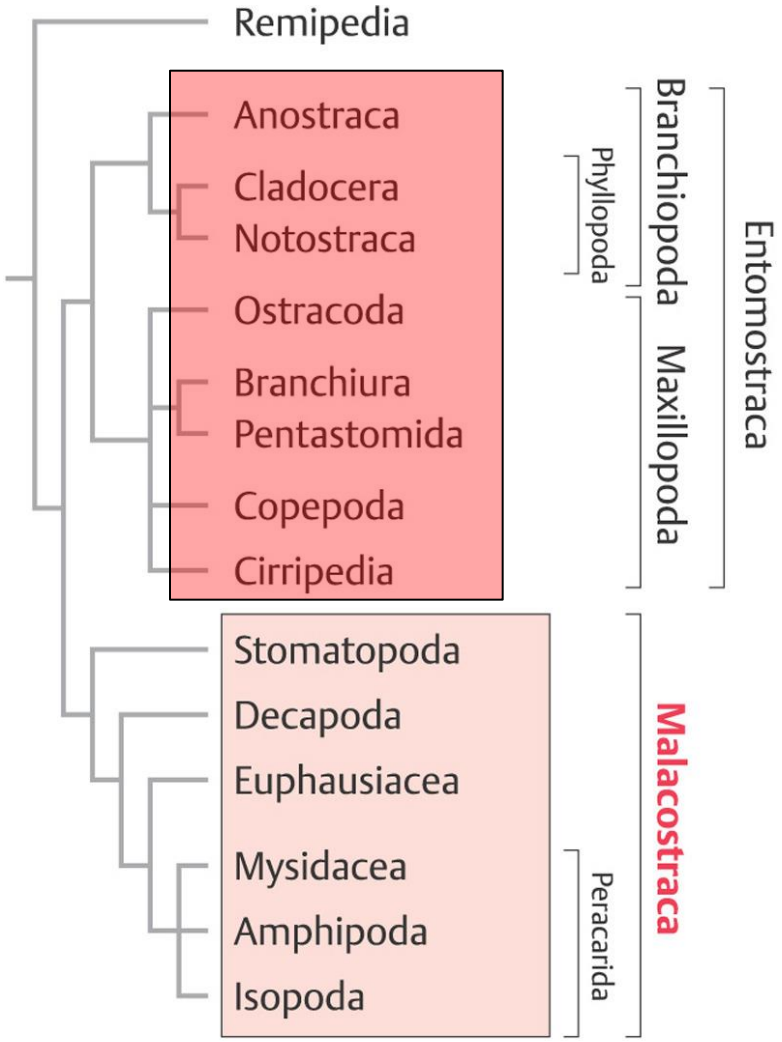


Darwins Cirripedia-Studien, 1846 - 1854

Phylogenetische Verwandtschaft der Crustacea

- **Malacostraca**





Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

Crustacea – Malacostraca

- **„*key innovations*“ = autapomorphe Merkmale**

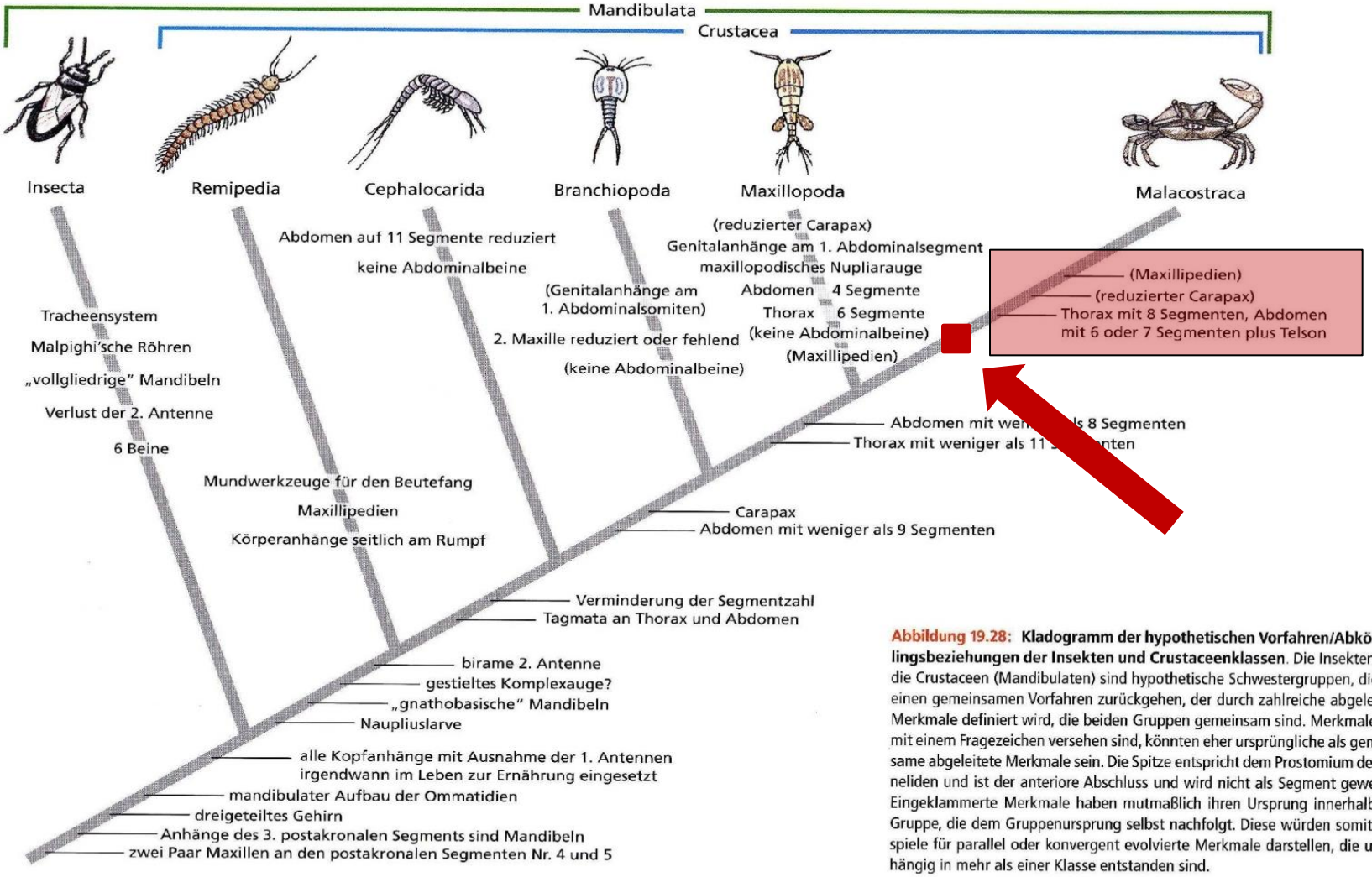
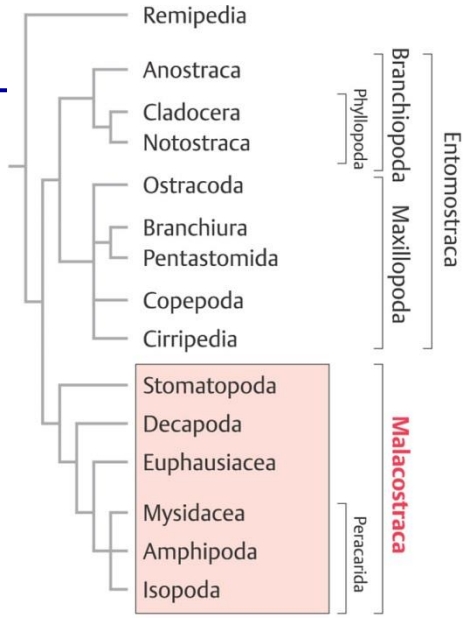


Abbildung 19.28: Kladogramm der hypothetischen Vorfahren/Abkömmlingsbeziehungen der Insekten und Crustaceenklassen. Die Insekten und die Crustaceen (Mandibulaten) sind hypothetische Schwestergruppen, die auf einen gemeinsamen Vorfahren zurückgehen, der durch zahlreiche abgeleitete Merkmale definiert wird, die beiden Gruppen gemeinsam sind. Merkmale, die mit einem Fragezeichen versehen sind, könnten eher ursprüngliche als gemeinsame abgeleitete Merkmale sein. Die Spitze entspricht dem Prostomium der Anneliden und ist der anteriore Abschluss und wird nicht als Segment gewertet. Eingeklammerte Merkmale haben mutmaßlich ihren Ursprung innerhalb der Gruppe, die dem Gruppenursprung selbst nachfolgt. Diese würden somit Beispiele für parallel oder konvergent evolvierte Merkmale darstellen, die unabhängig in mehr als einer Klasse entstanden sind.

Hickman, 2008

Crustacea - Malacostraca

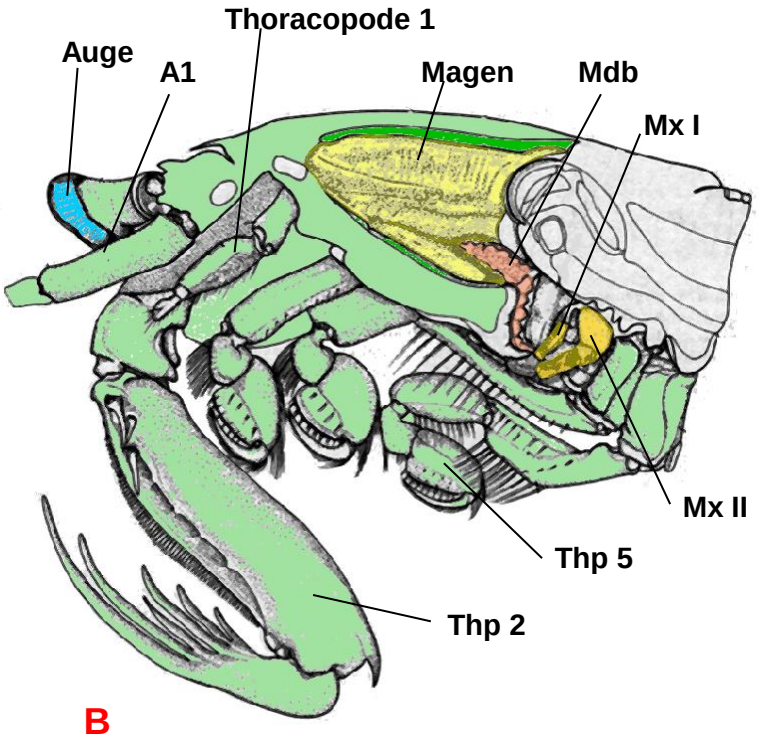
- **Abgeleitete Merkmale:**
  - **Konstanz der Rumpfsegmentzahl:**
    8 Peraeopodenpaare zum Schreiten
    6 Pleopodenpaare zum Schwimmen
  - **Schwanzfächer (Pleotelson mit Uropoden)**
  - **♀-Geschlechtsöffnung: 6. , ♂: 8. Thoracomer**
  - **Endabschnitt Vorderdarm mit komplizierten Kau- & Filtermagen**



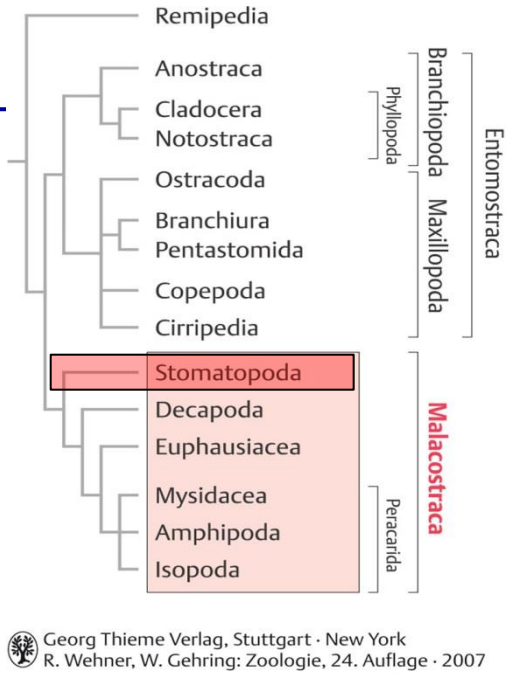
Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

Crustacea - Malacostraca

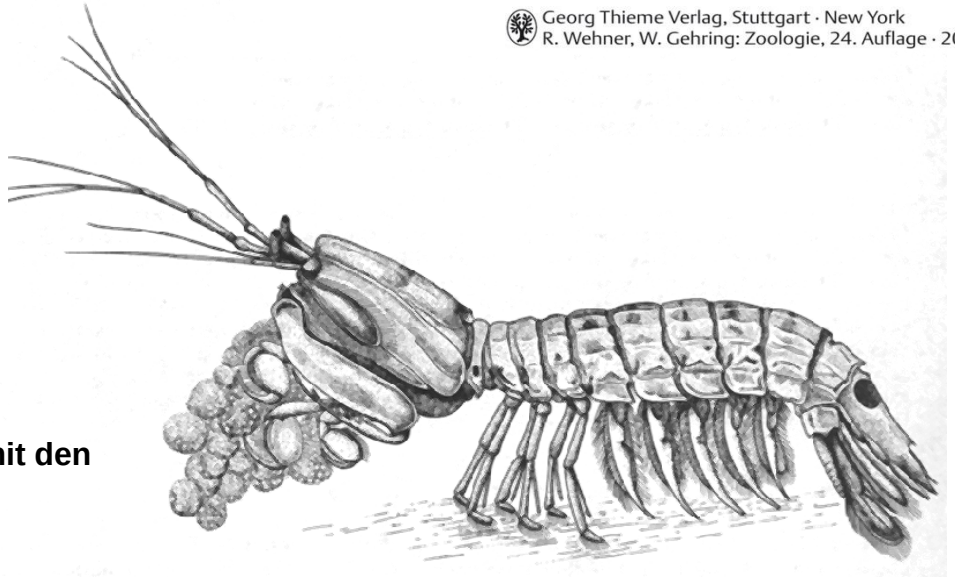
- **Stomatopoda, Fangschreckenkrebse – ca. 400 Arten**



B



Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007



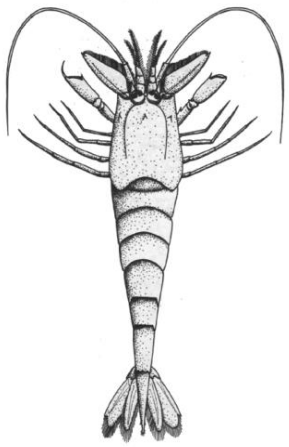
A

A Gesamtansicht eines Weibchens, das mit den Thoracopoden ein Gelege hält

B Vorderansicht des Körpers, im hinteren Bereich aufgeschnitten, um den Magen sichtbar zu machen

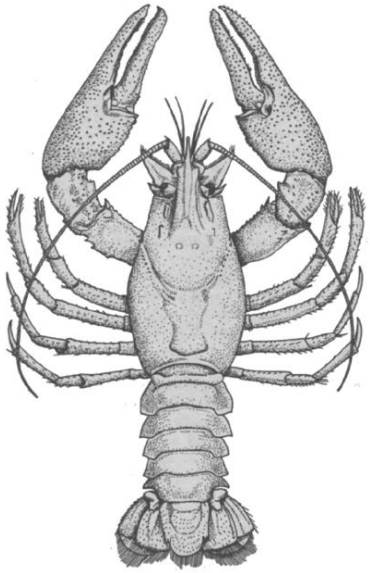
Crustacea - Malacostraca

- **Decapoda – ca. 10.000 Arten**

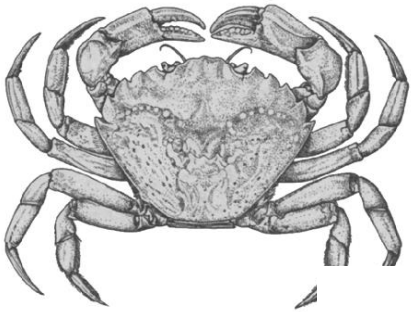


Dendrobranchiata
z. B. *Penaeus*
Eier frei im Wasser

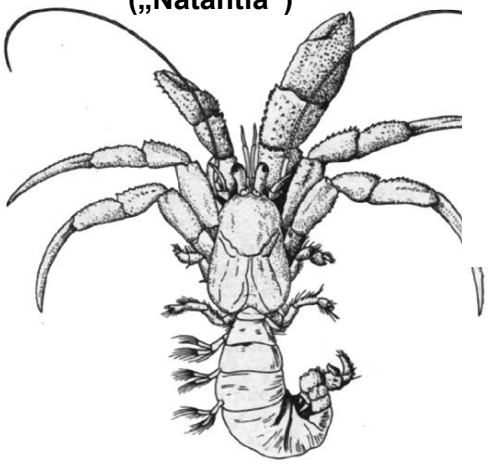
A *Crangon crangon*
(„Natantia“)



B *Astacus astacus*
(Astacura)

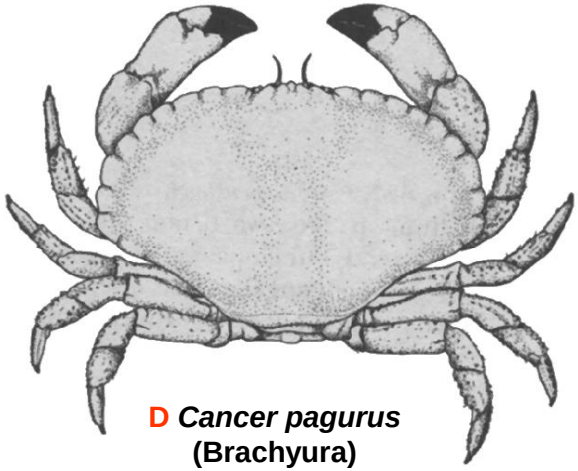


C *Carcinus maenas*
(Brachyura)

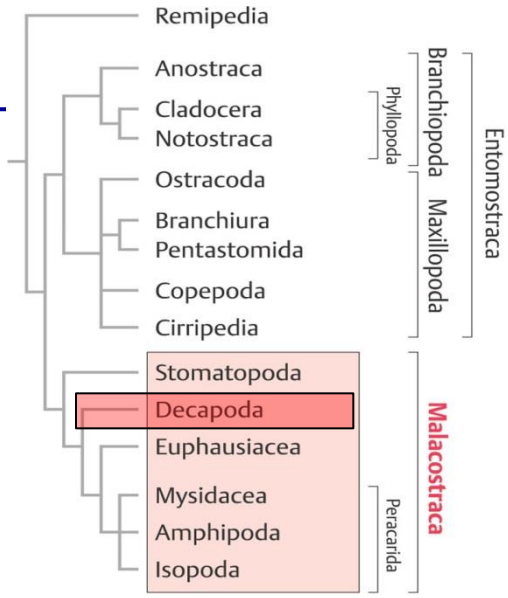


E *Pagurus bernardus*
(Anomura)

Pleocyemata
die meisten Decapoda
Eier an Pleopoden



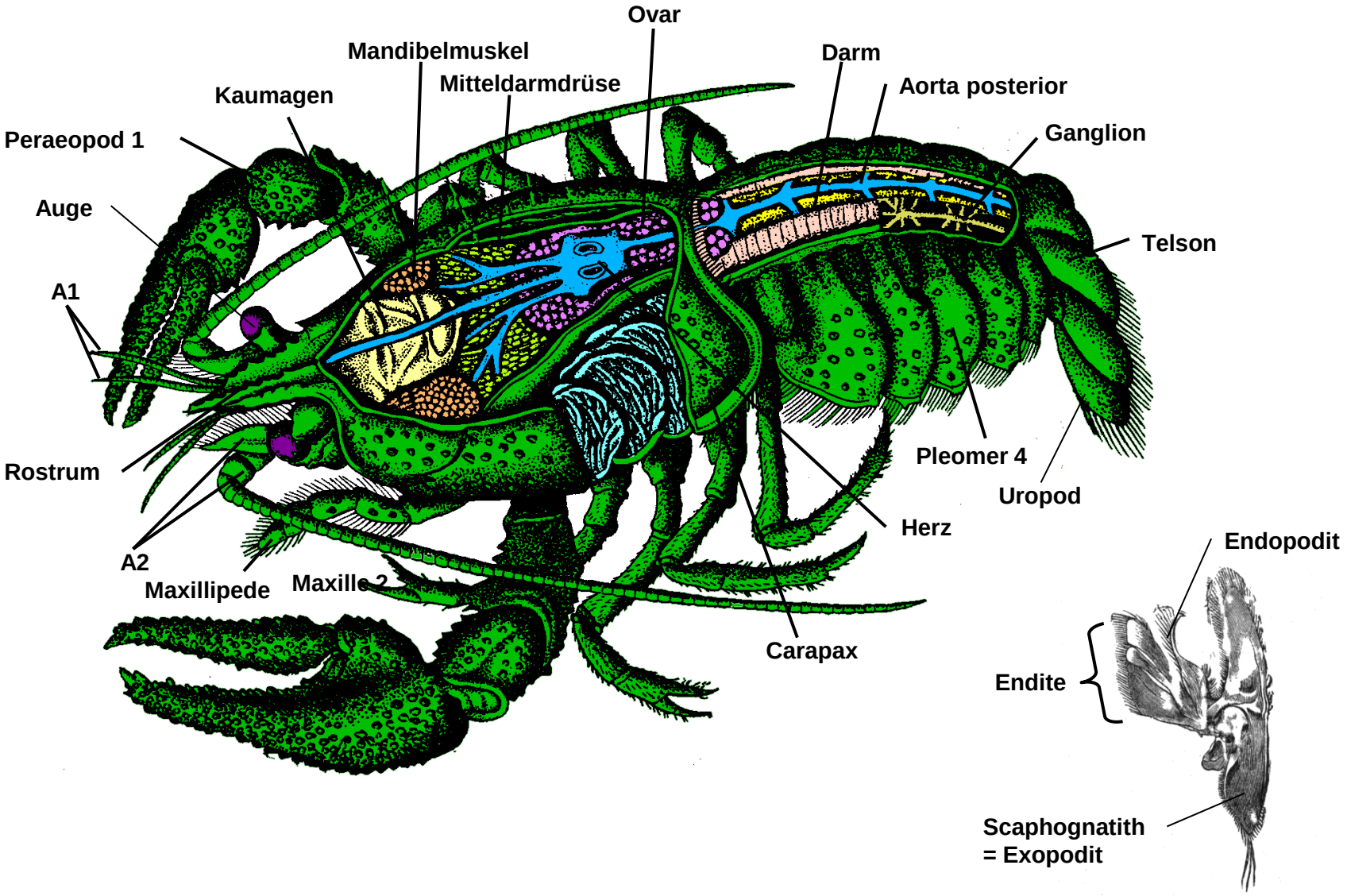
D *Cancer pagurus*
(Brachyura)



Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

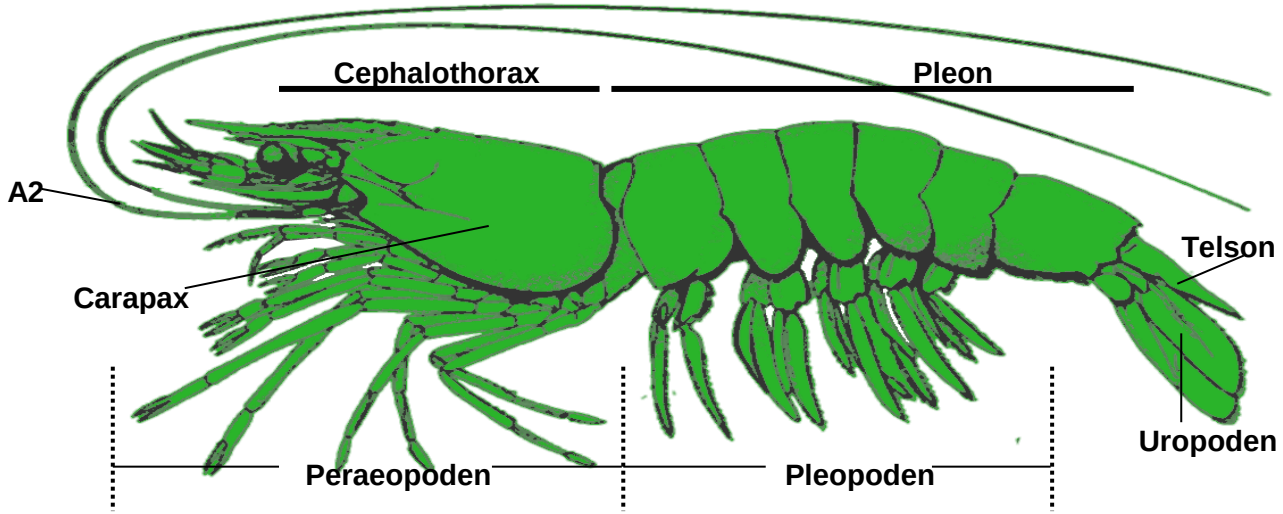
Crustacea - Malacostraca

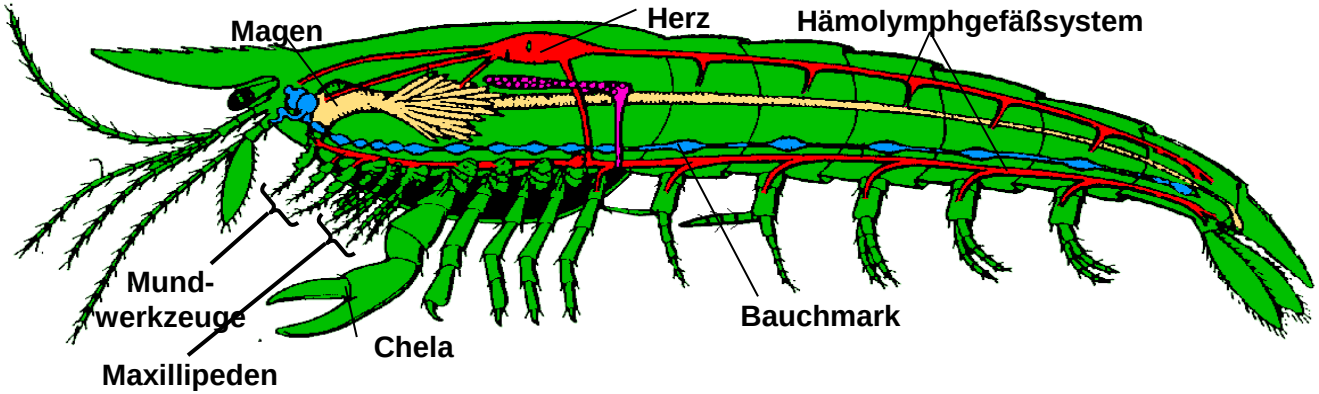
- ***Astacus leptodactylus***



Crustacea - Malacostraca

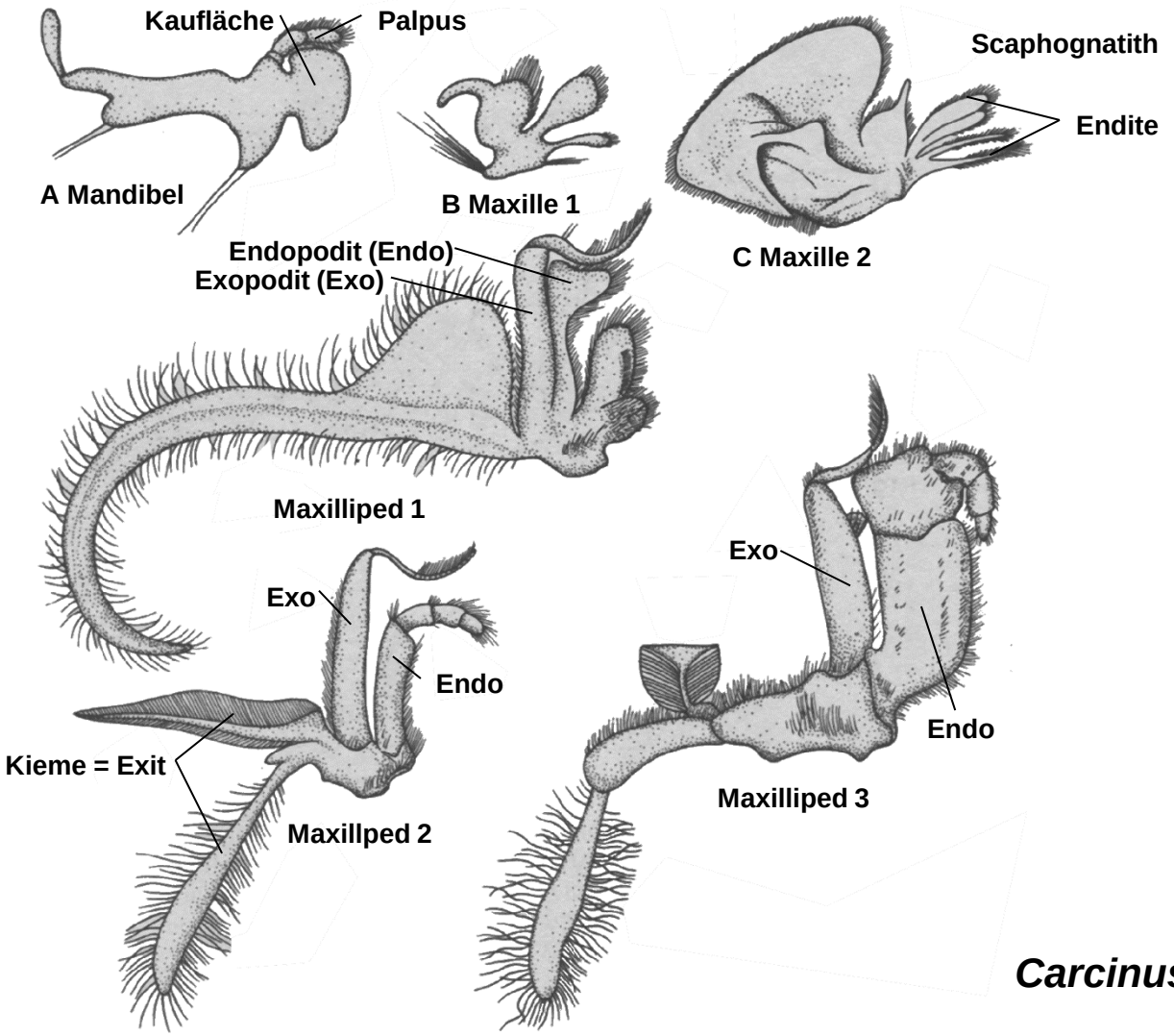
- **Anatomie eines Decapoda**





Crustacea - Malacostraca

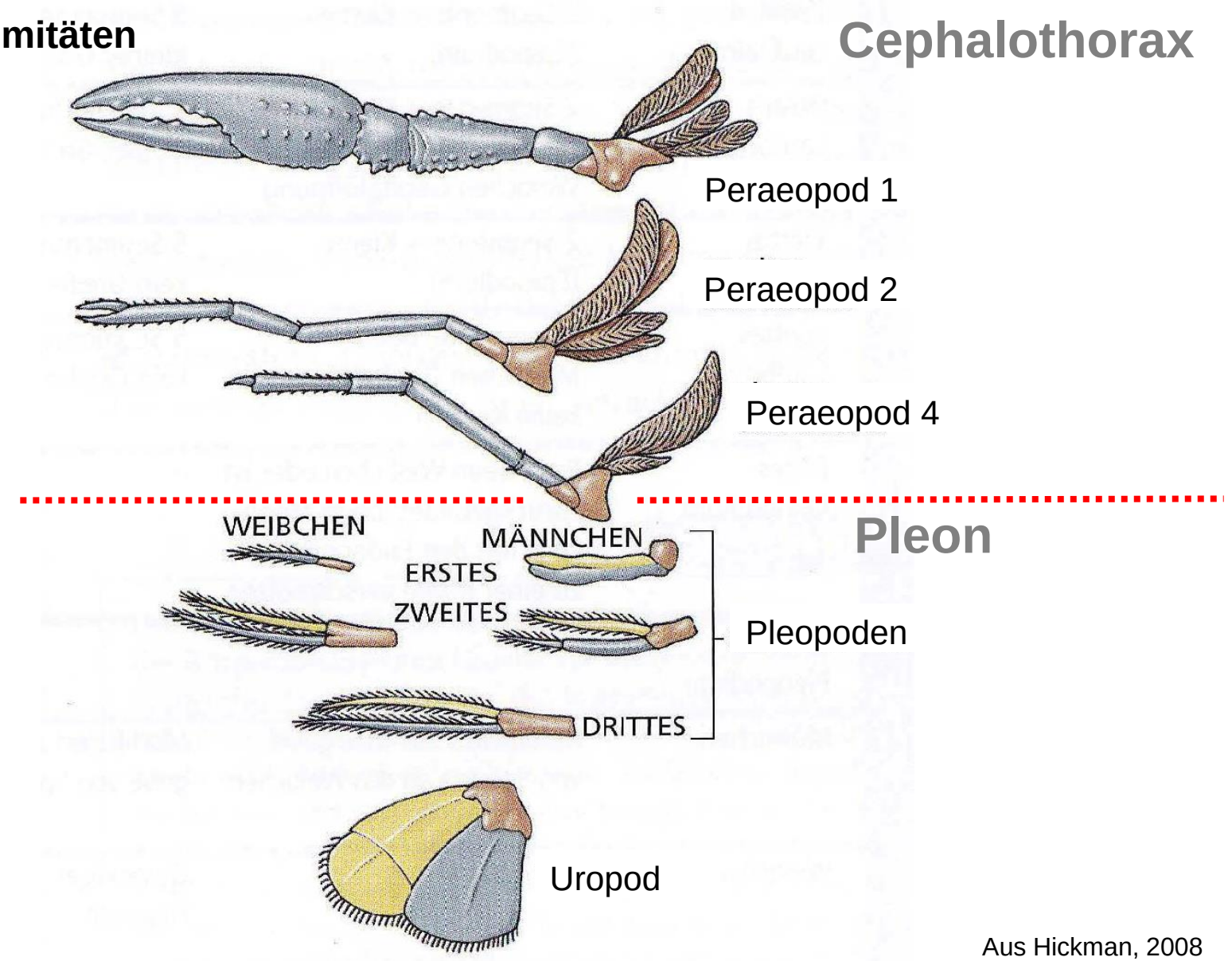
- **Die Mundwerkzeuge**



Carcinus maenas

Crustacea - Malacostraca

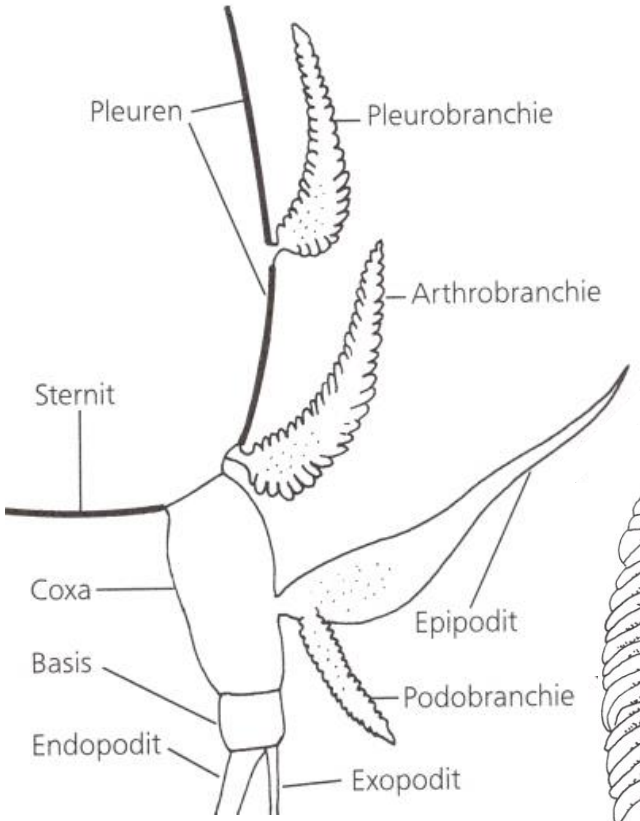
- **Extremitäten**

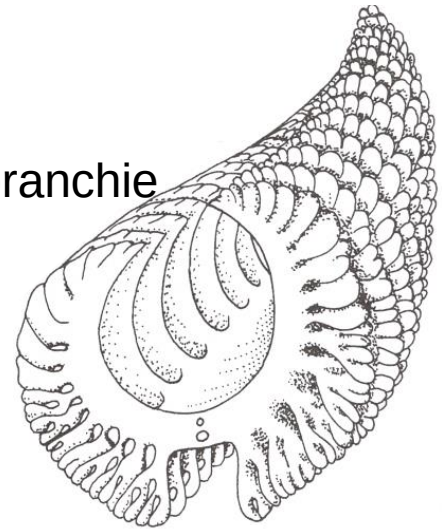


Aus Hickman, 2008

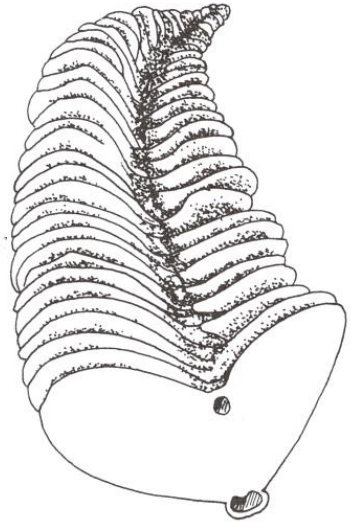
Crustacea - Malacostraca

- **Kiemen der Decapoda**

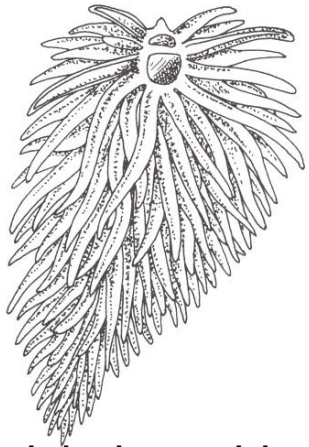




Dendrobranchie



Phyllobranchie



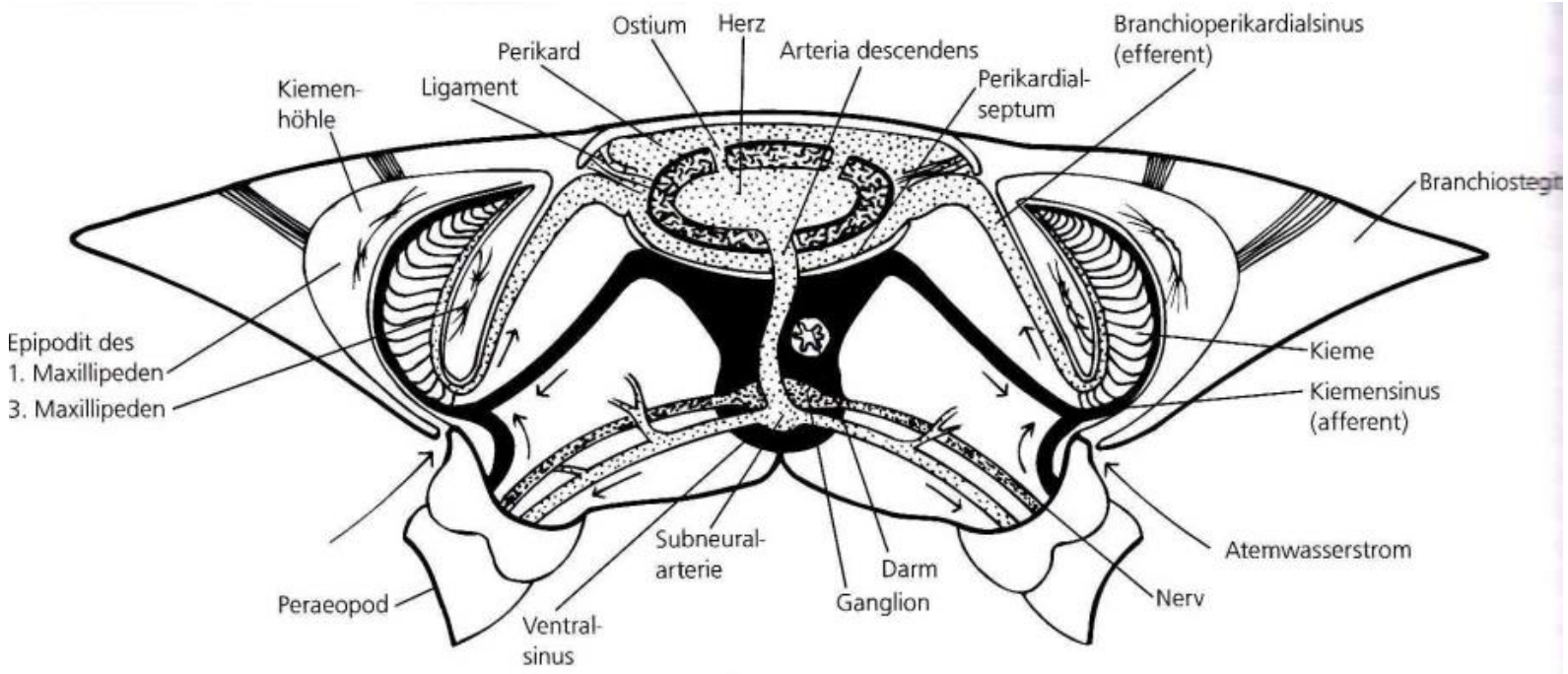
Trichobranchie

aus Westheide & Rieger

Crustacea - Malacostraca

- **Thorax einer Krabbe**

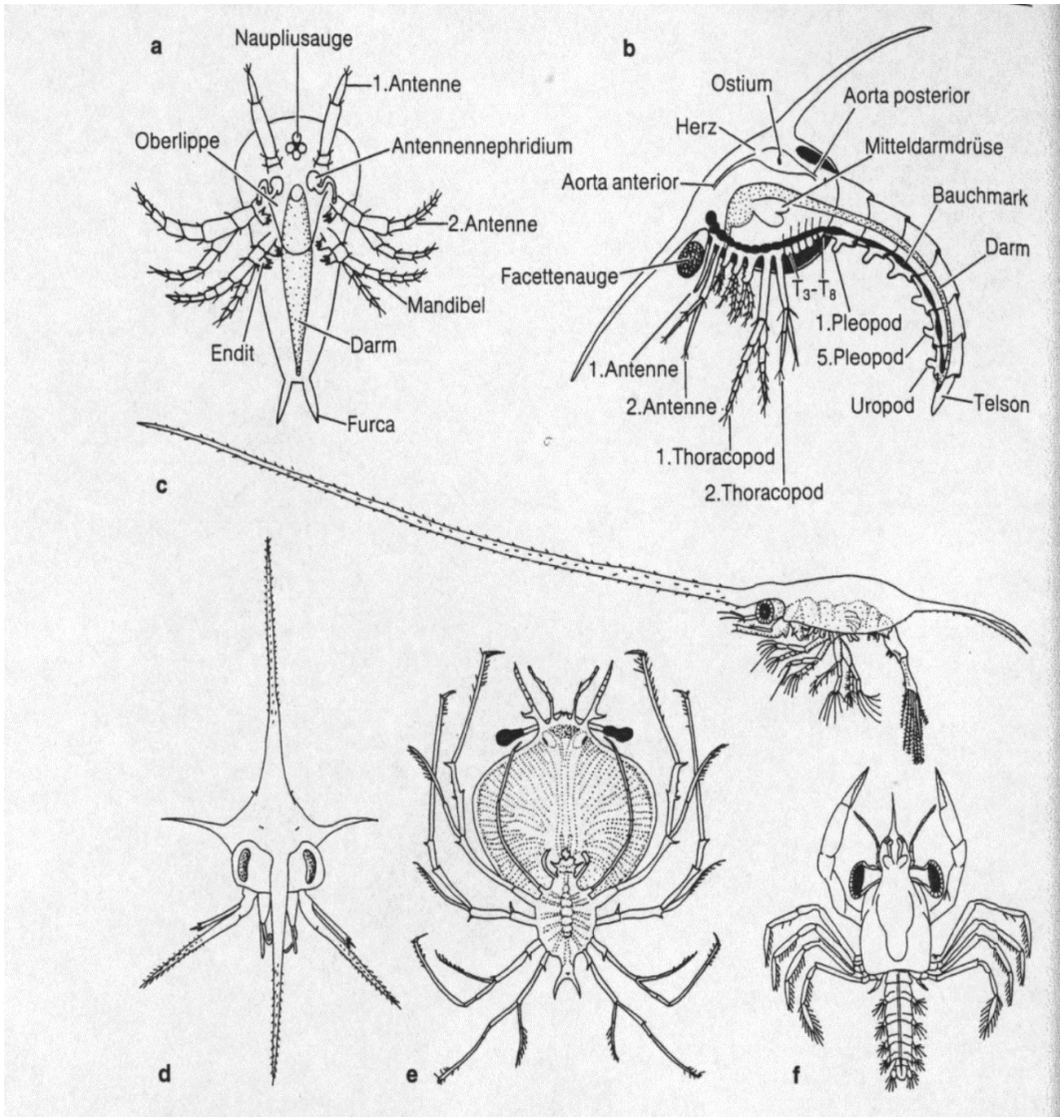
Atmung – Verlauf der Hämolymphe

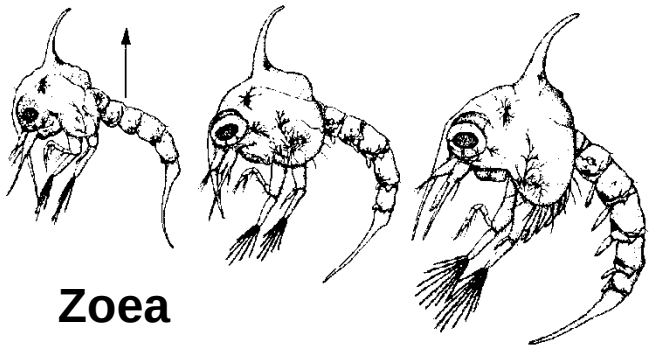


aus Westheide und Rieger

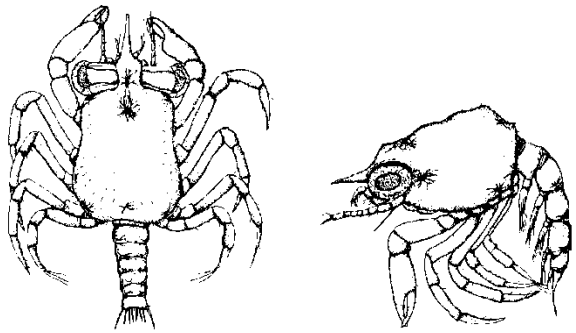
Crustacea - Malacostraca

- **Larven der Decapoda**





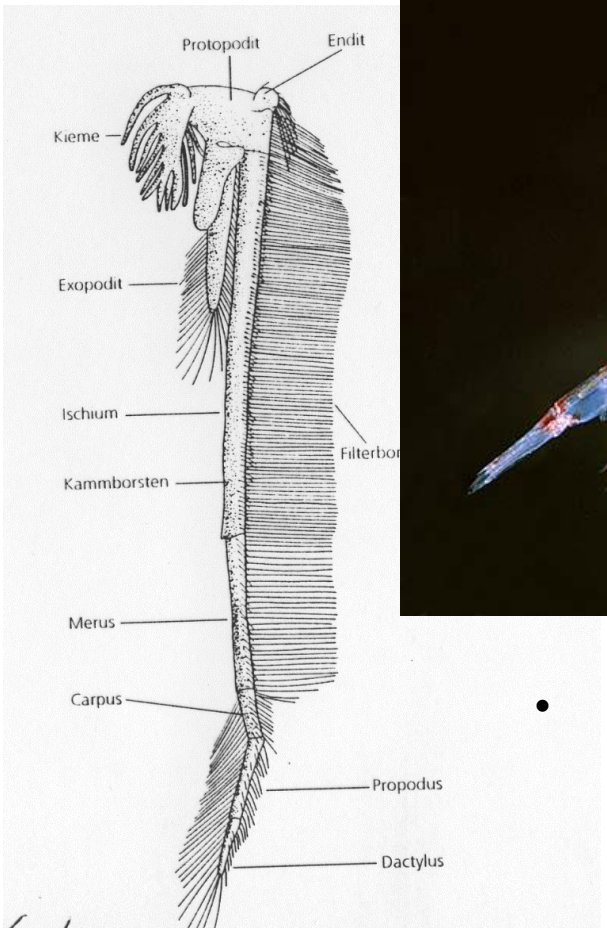
Zoea

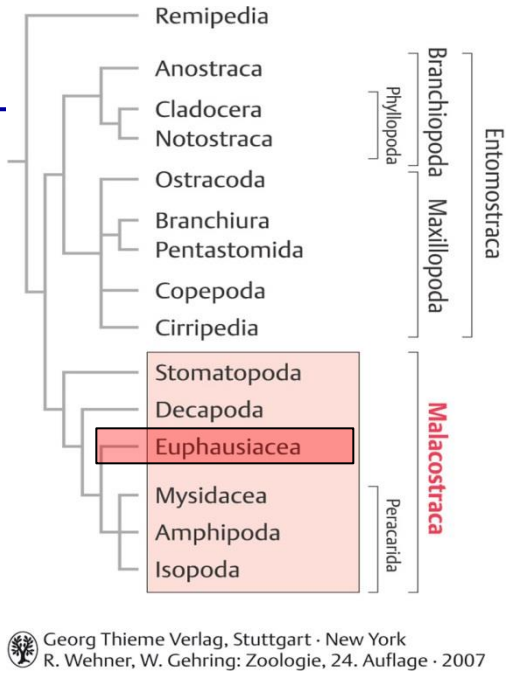


Megalopa

Crustacea - Malacostraca

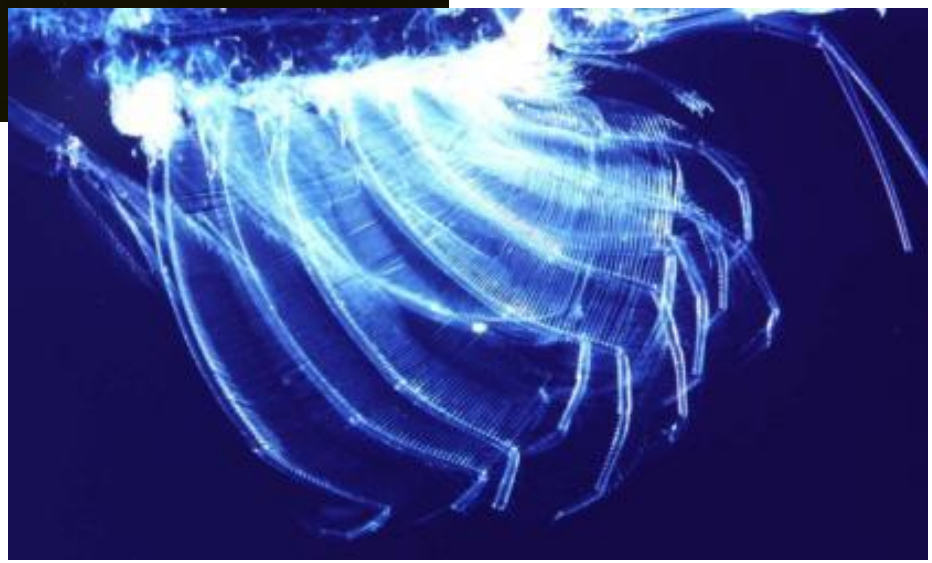
- **Euphausiacea – „Krill“**





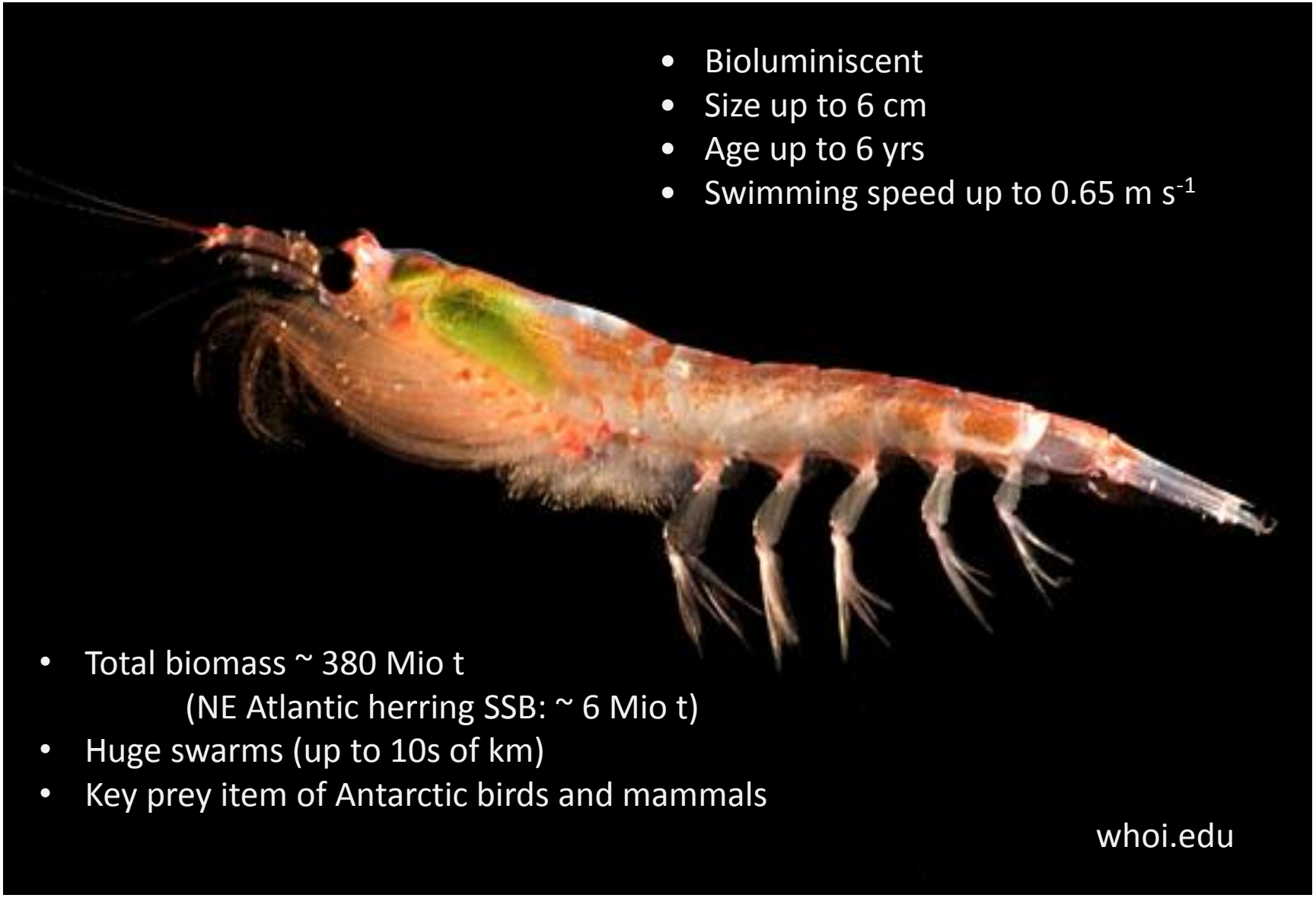
Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

- Fangkorb



Crustacea - Malacostraca

- **Krill der Antarktis -** ***Euphausia superba***


• Bioluminiscent
• Size up to 6 cm
• Age up to 6 yrs
• Swimming speed up to 0.65 m s^{-1}
• Total biomass ~ 380 Mio t
(NE Atlantic herring SSB: ~ 6 Mio t)
• Huge swarms (up to 10s of km)
• Key prey item of Antarctic birds and mammals
whoi.edu

Crustacea - Malacostraca

- **Krill der Antarktis -** ***Euphausia superba***

Fish feed

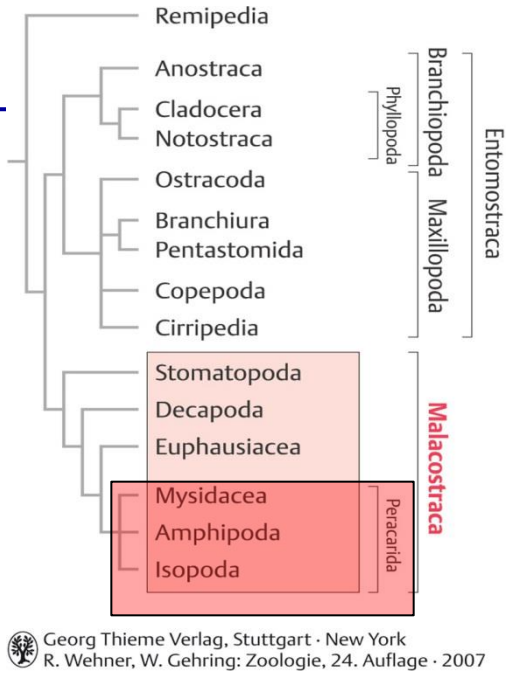
Functional food

Cosmetics

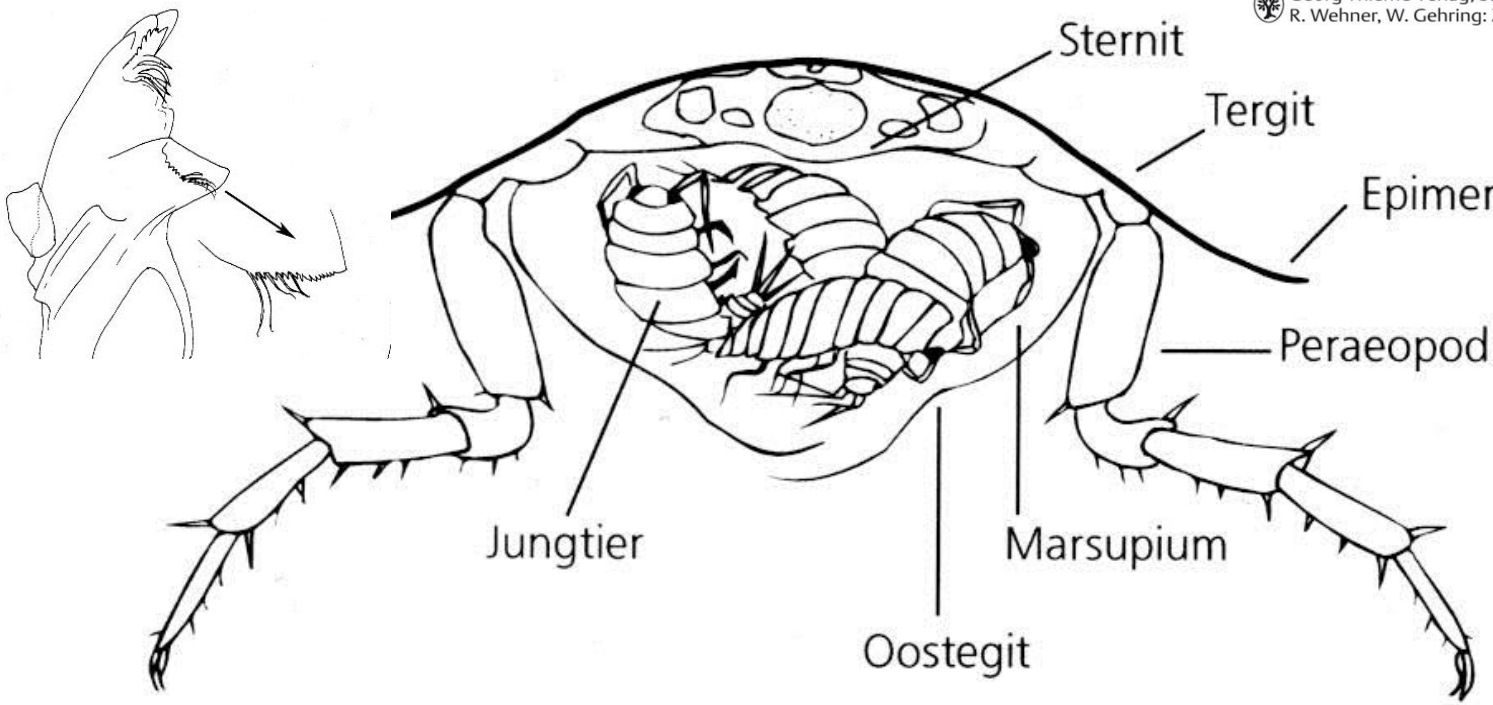
whoi.edu

Crustacea - Malacostraca

- **Peracarida - Ranzenkrebse**
  - **Direkte Entwicklung**
  - **Marsupium**



Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007



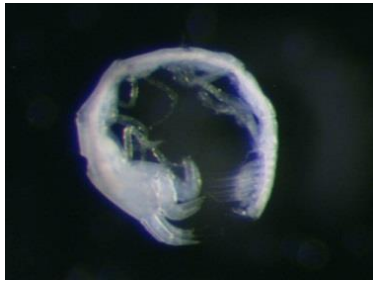
Crustacea - Malacostraca

- **Peracarida, Ranzenkrebse**

Mysidacea

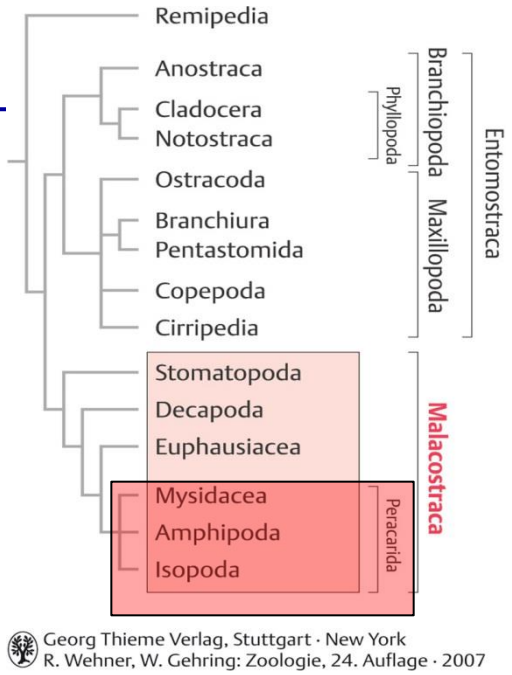
Amphipoda

Tanaidacea



Cumacea

Isopoda

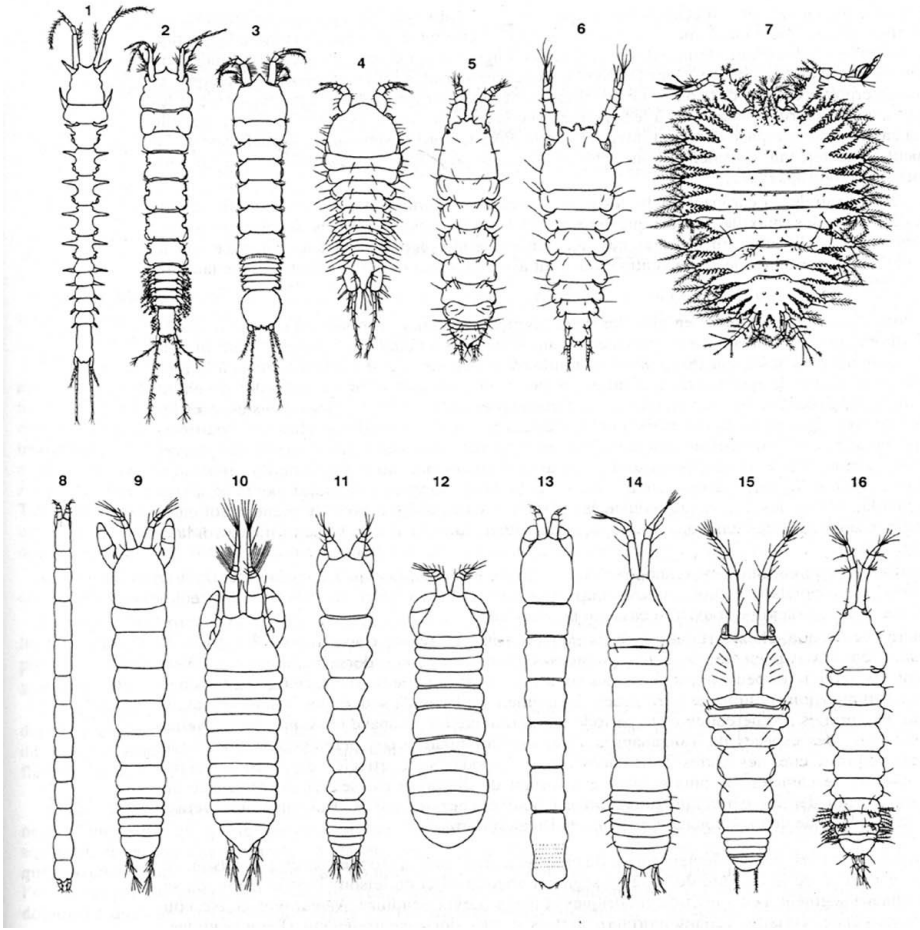


Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

- **Peracarida: Tanaidacea - Scherenasseln**

1. Beinpaar mit großen Scheren

Apseudomorpha



Tanaidomorpha

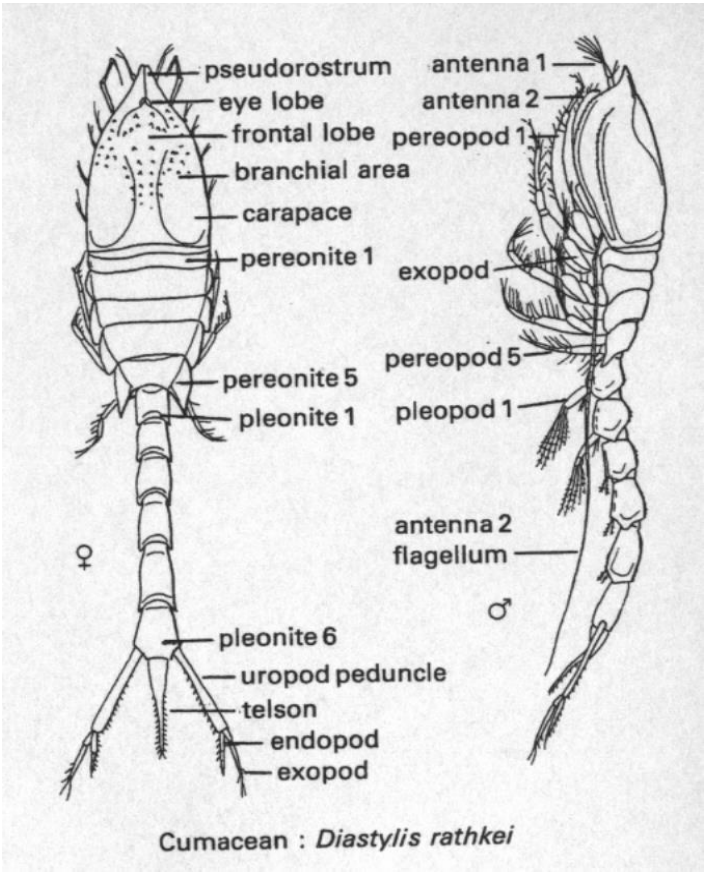
Neotanais americanus

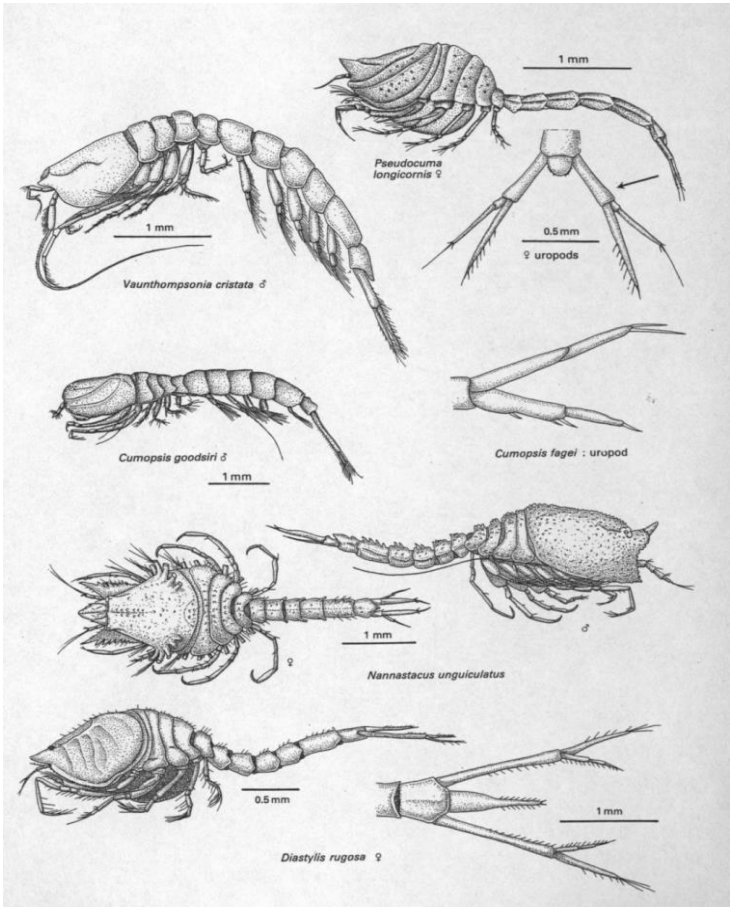
- **Peracarida: Cumacea - Schlickkrebse**

- stark vergrößerter Carapax
- kurzes Pleon
- griffelförmige Uropoden

- **Peracarida: Cumacea - Schlickkrebse**

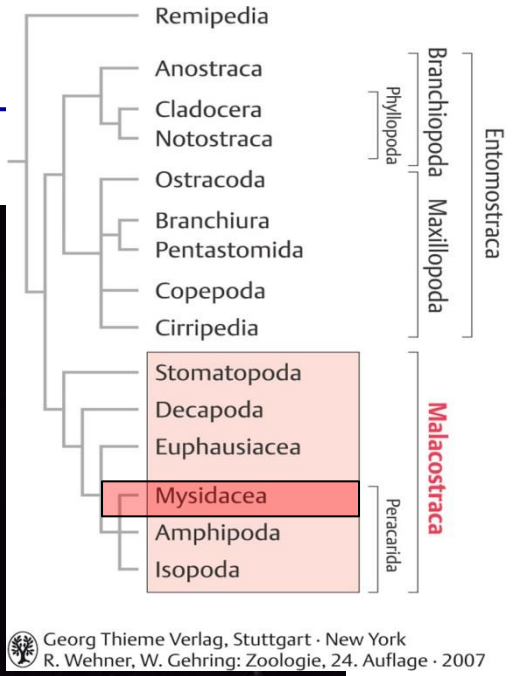
~ 1000 Arten

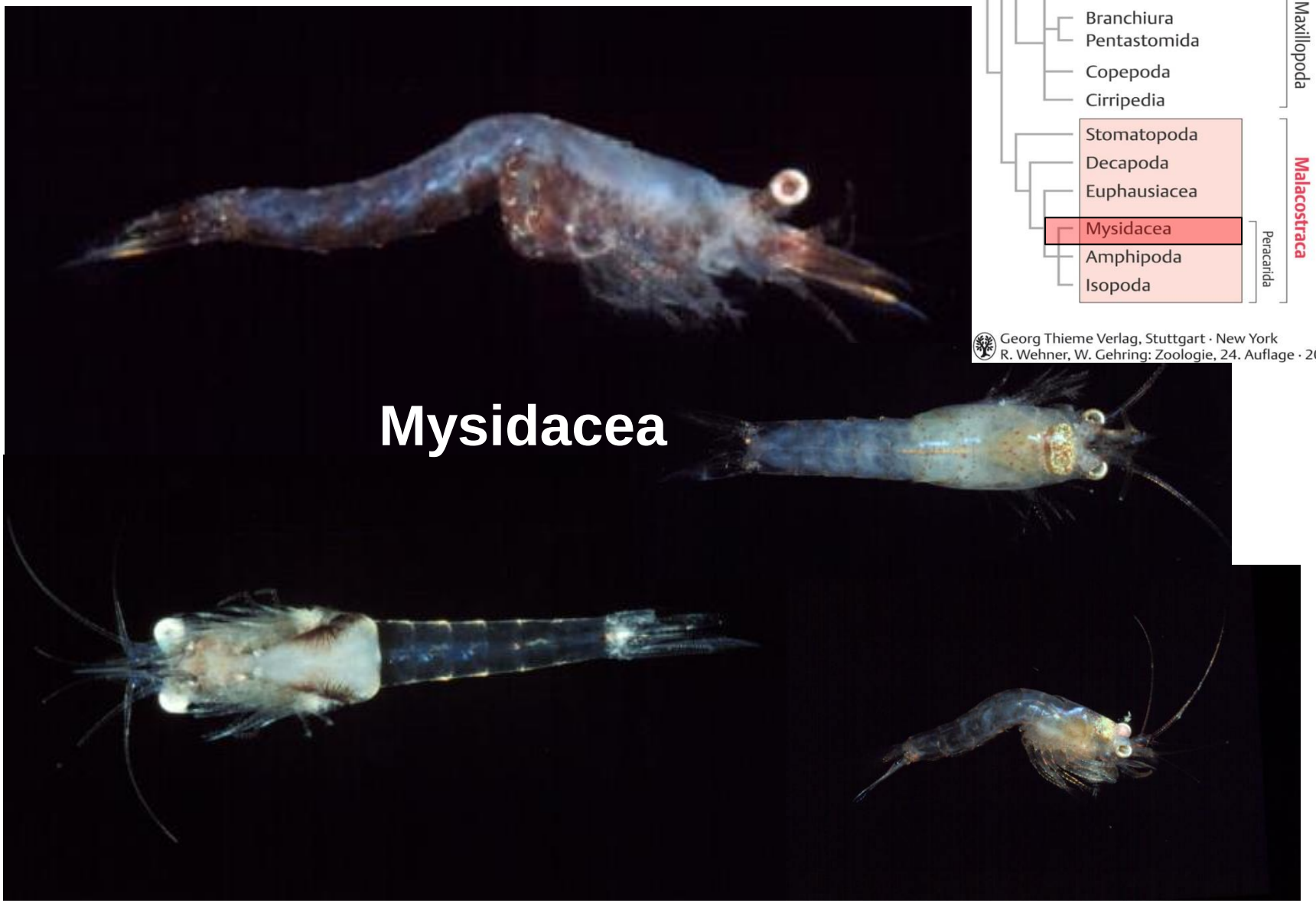




Crustacea - Malacostraca

- **Schwebgarnelen**

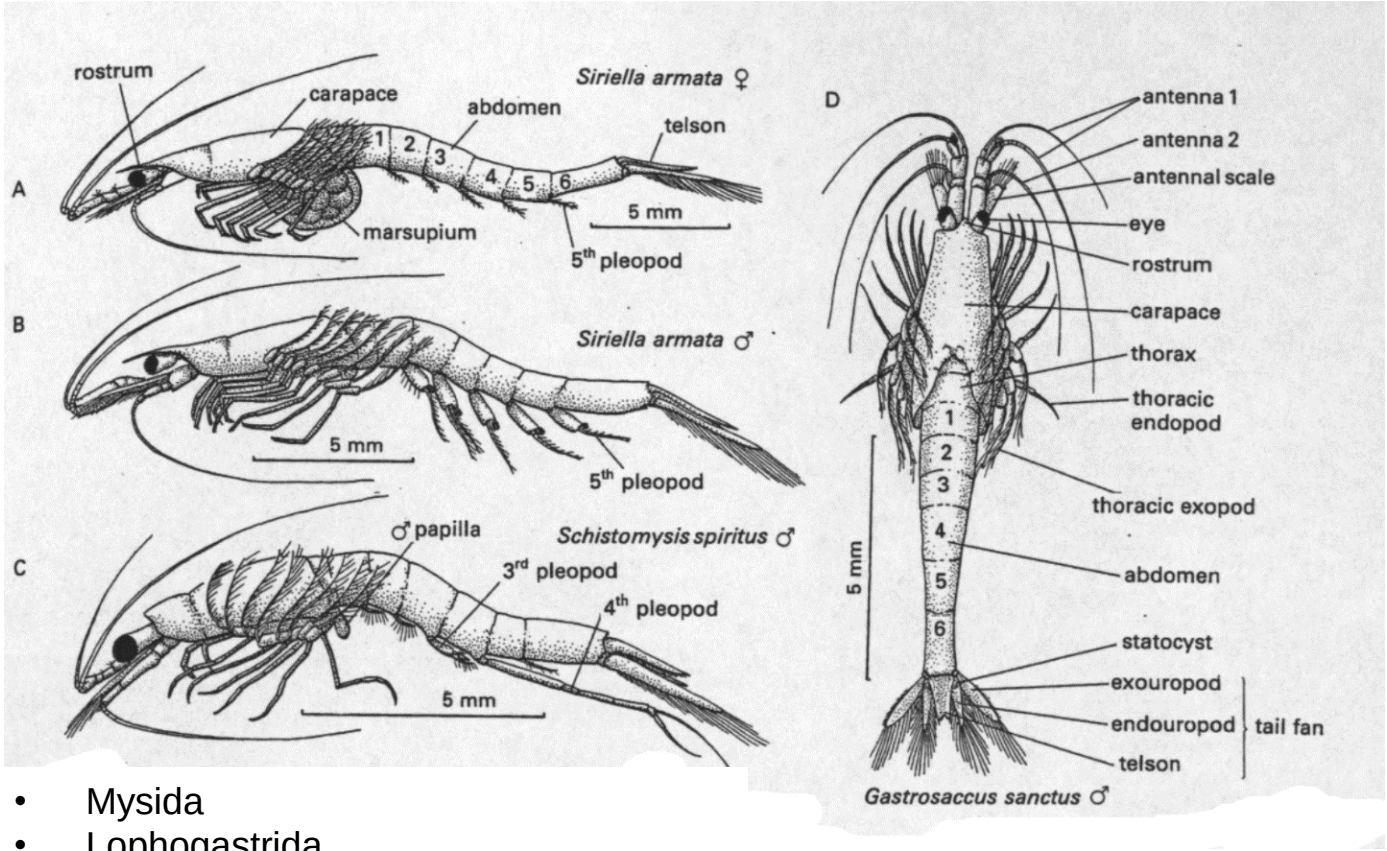




Crustacea - Malacostraca

- **„Mysidacea“** - Schwebgarnelen
  ~ 780 Arten

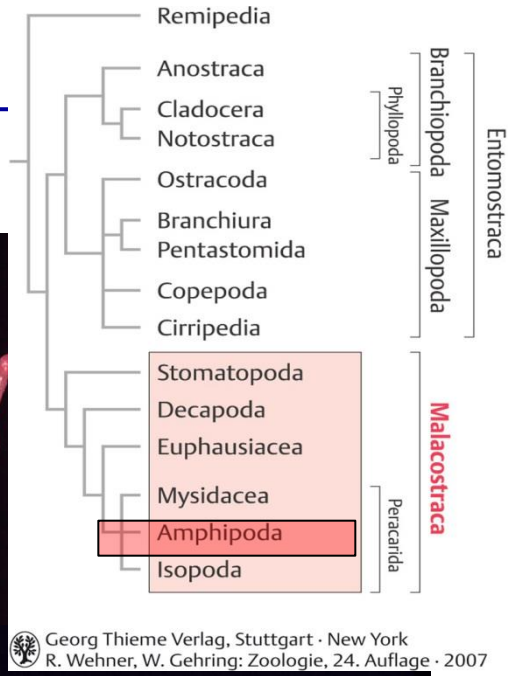
Peracarida Eumalacostraca



- Mysida
- Lophogastrida

Crustacea - Malacostraca

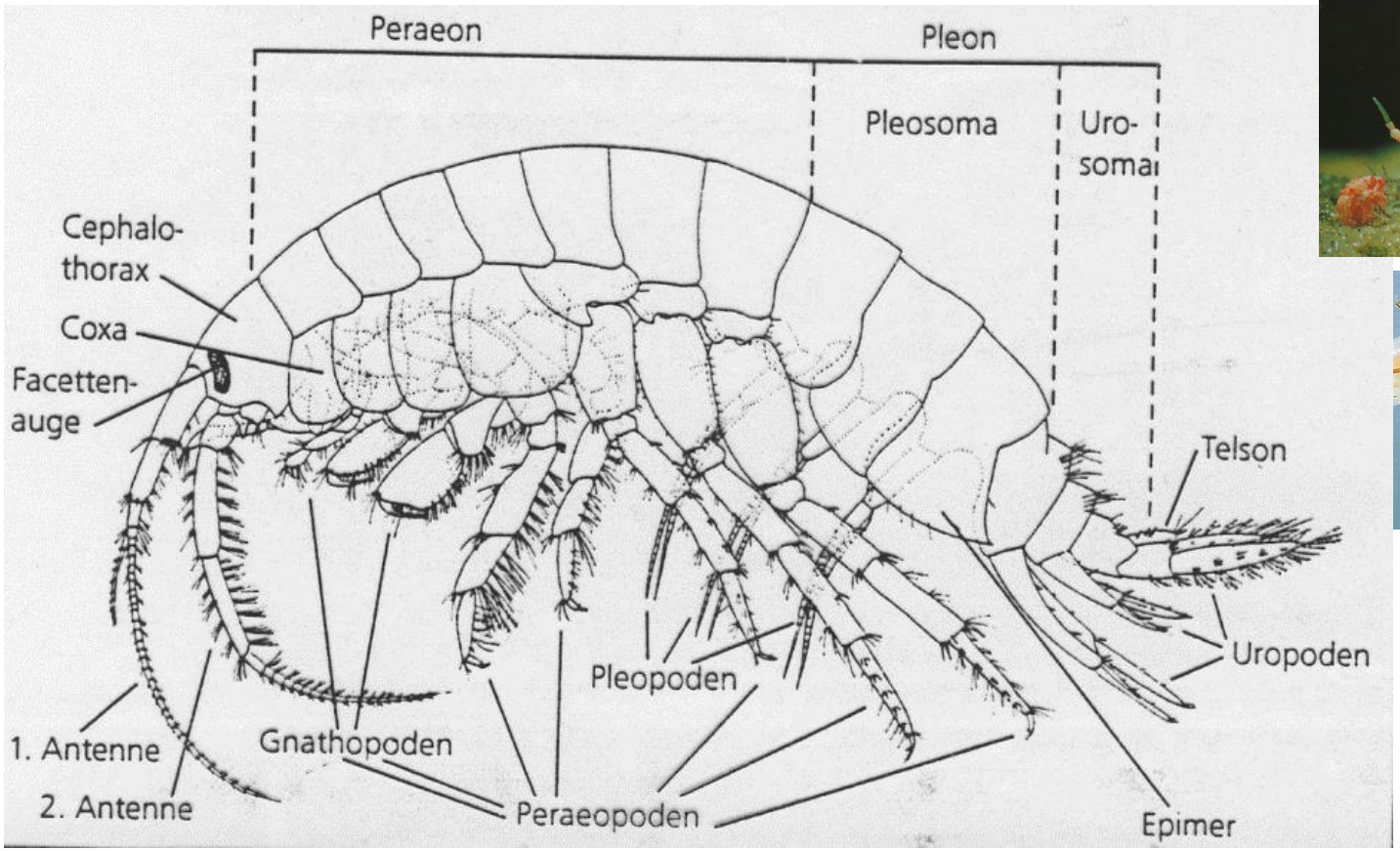
- **Amphipoda, Flohkrebse – ca. 6.000 Arten**



Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

Crustacea - Malacostraca

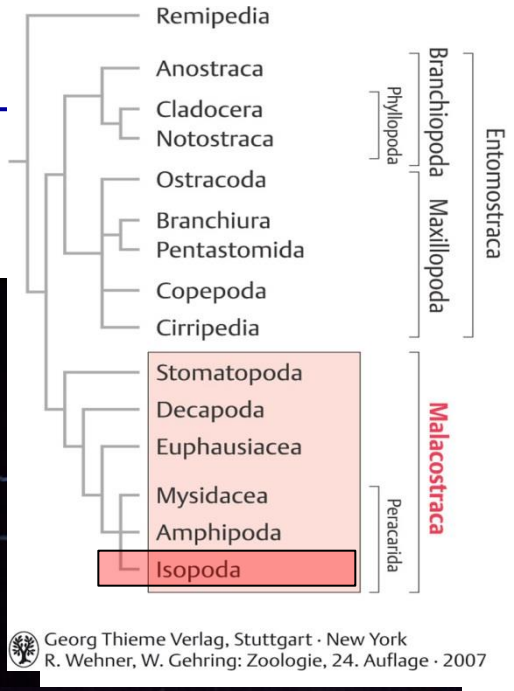
- **Amphipoda**
  - **Körper seitlich abgeplattet**
  - **3 Tagmata (Peraeon, Urosom, Pleosom)**

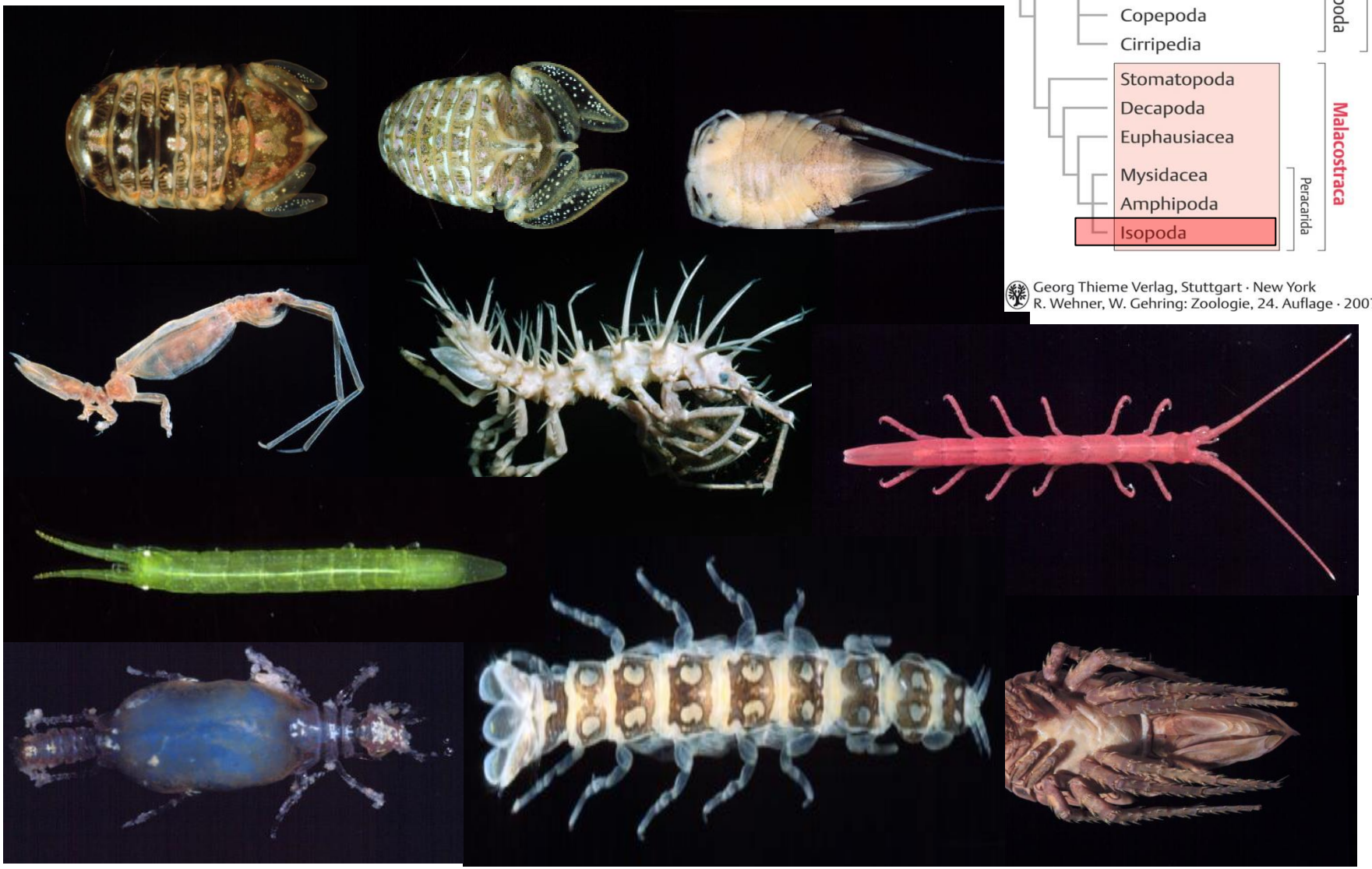


- **Vertreter der Gammaridae**

Crustacea - Malacostraca

- **Isopoda, Asseln – ca. 10.000 Arten**



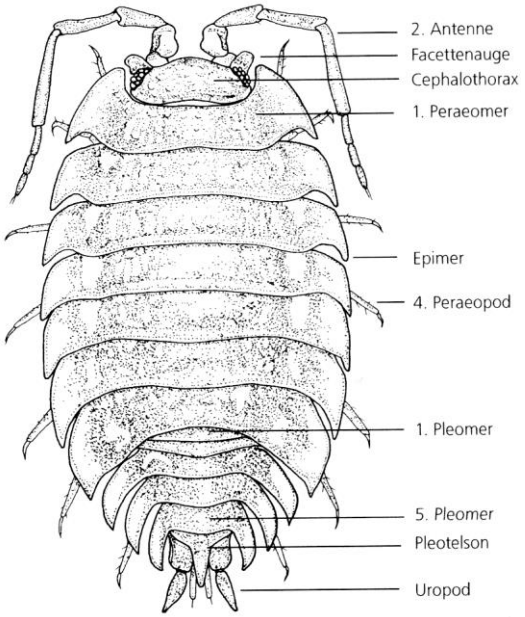


Crustacea - Malacostraca

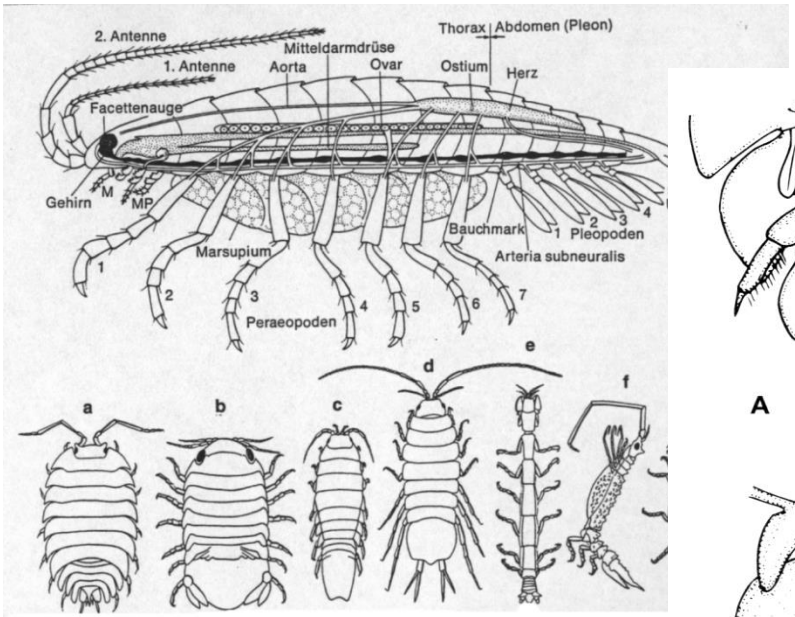
- **Isopoda, Asseln**

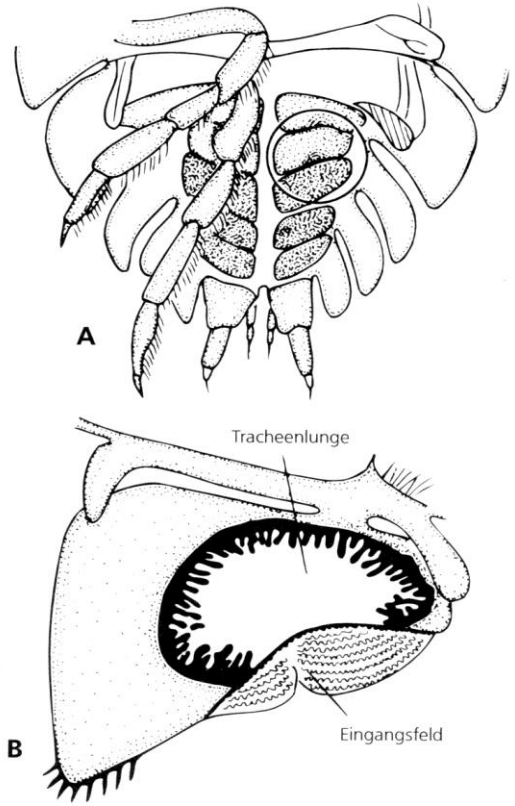
- **dorsoventral abgeflacht**
- **sieben Beinpaare**
- **Kiemen an hinteren Beinen oder Lungen**

Bathynomus giganteus



Dorsalansicht der Mauerassel
Oniscus asellus



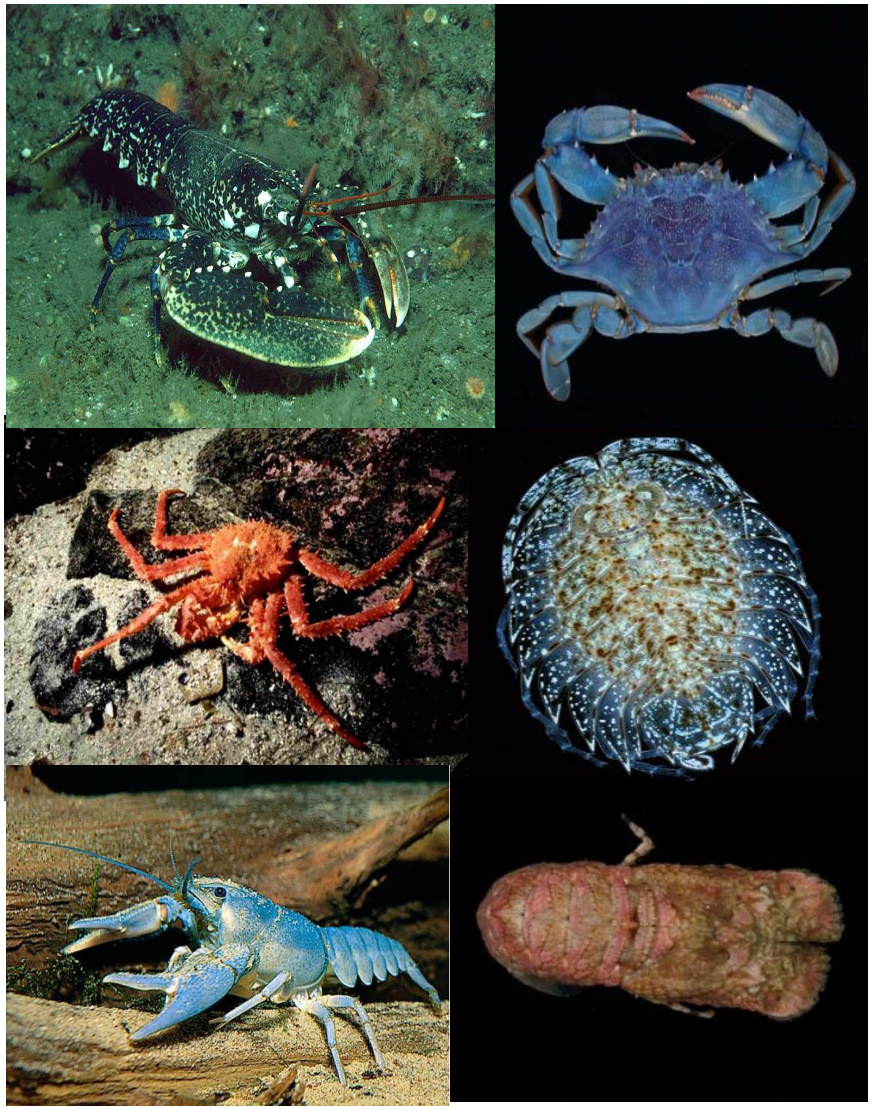


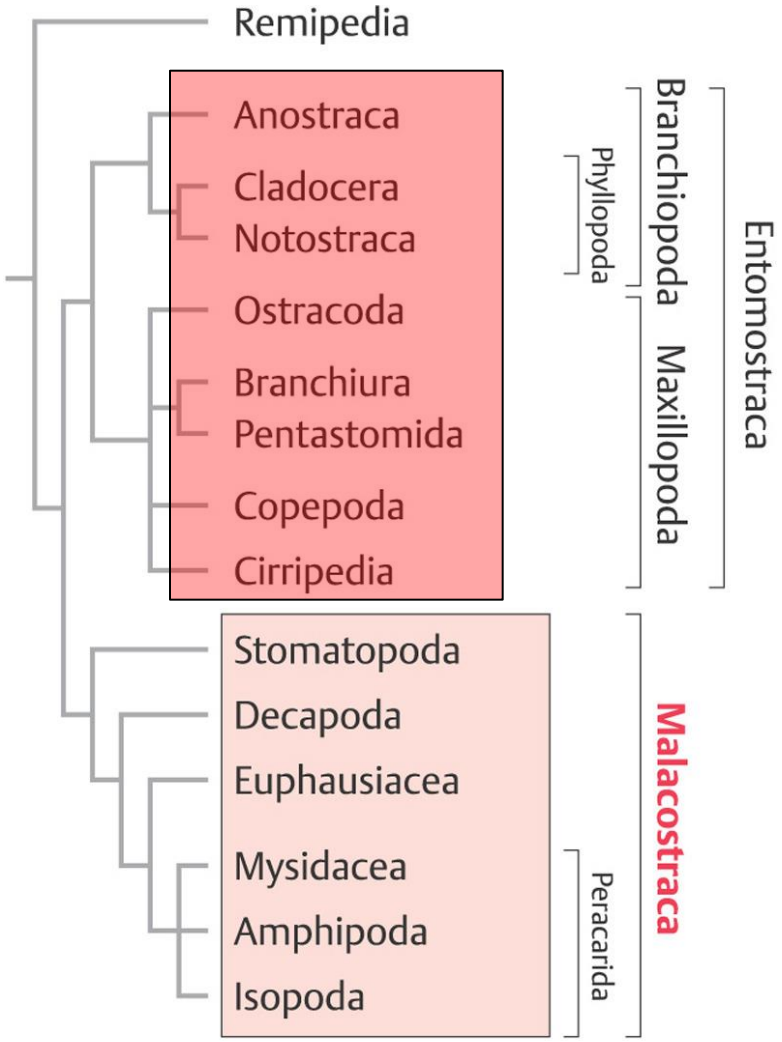
Tracheenlungen der Kellerassel *Porcellio scaber*.

A: im Kreis die Expopodite der 1.- 3. Pleopoden
B: Expopodit mit Tracheenlunge

Phylogenetische Verwandtschaft der Crustacea

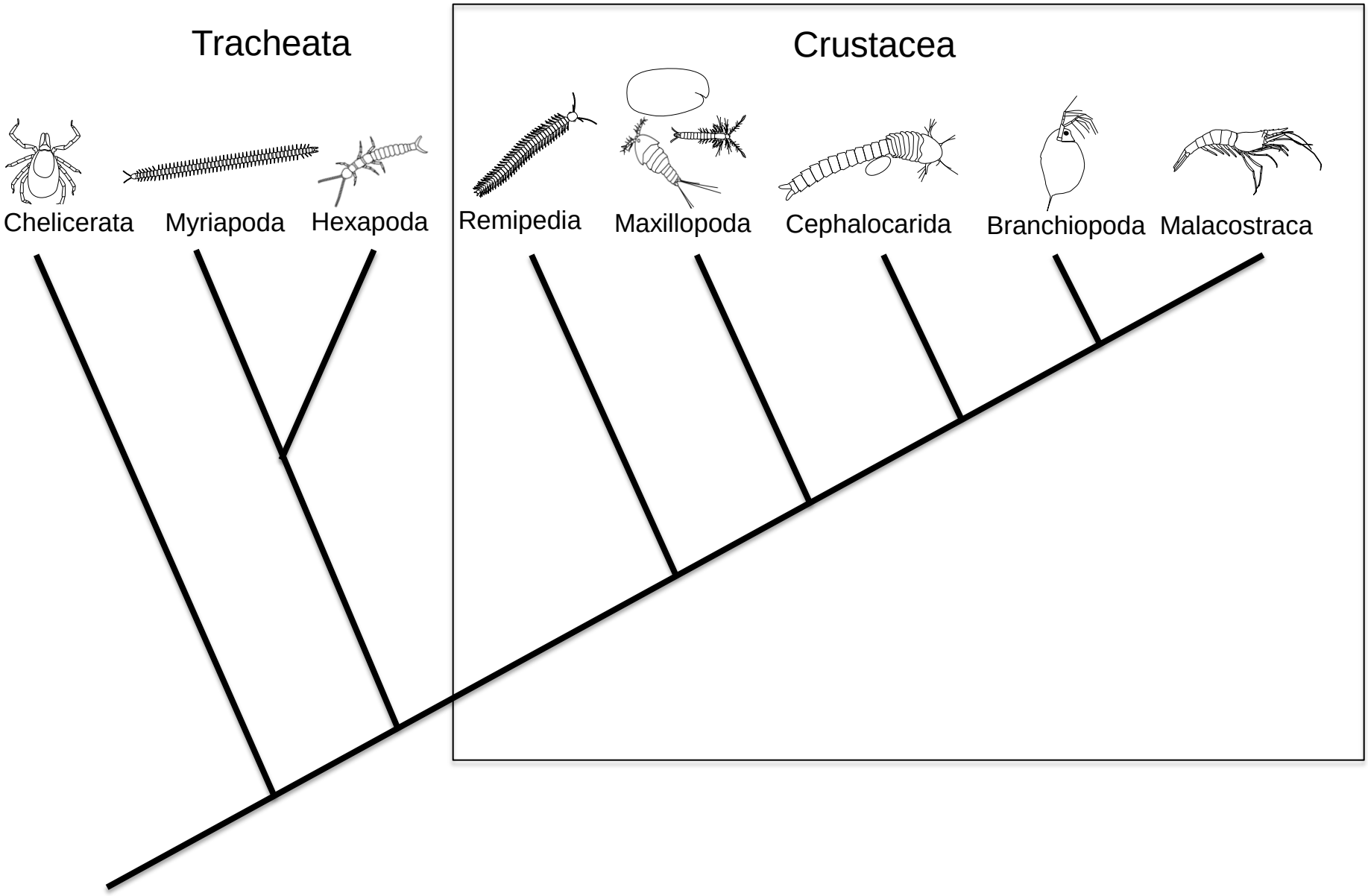
- **Malacostraca**





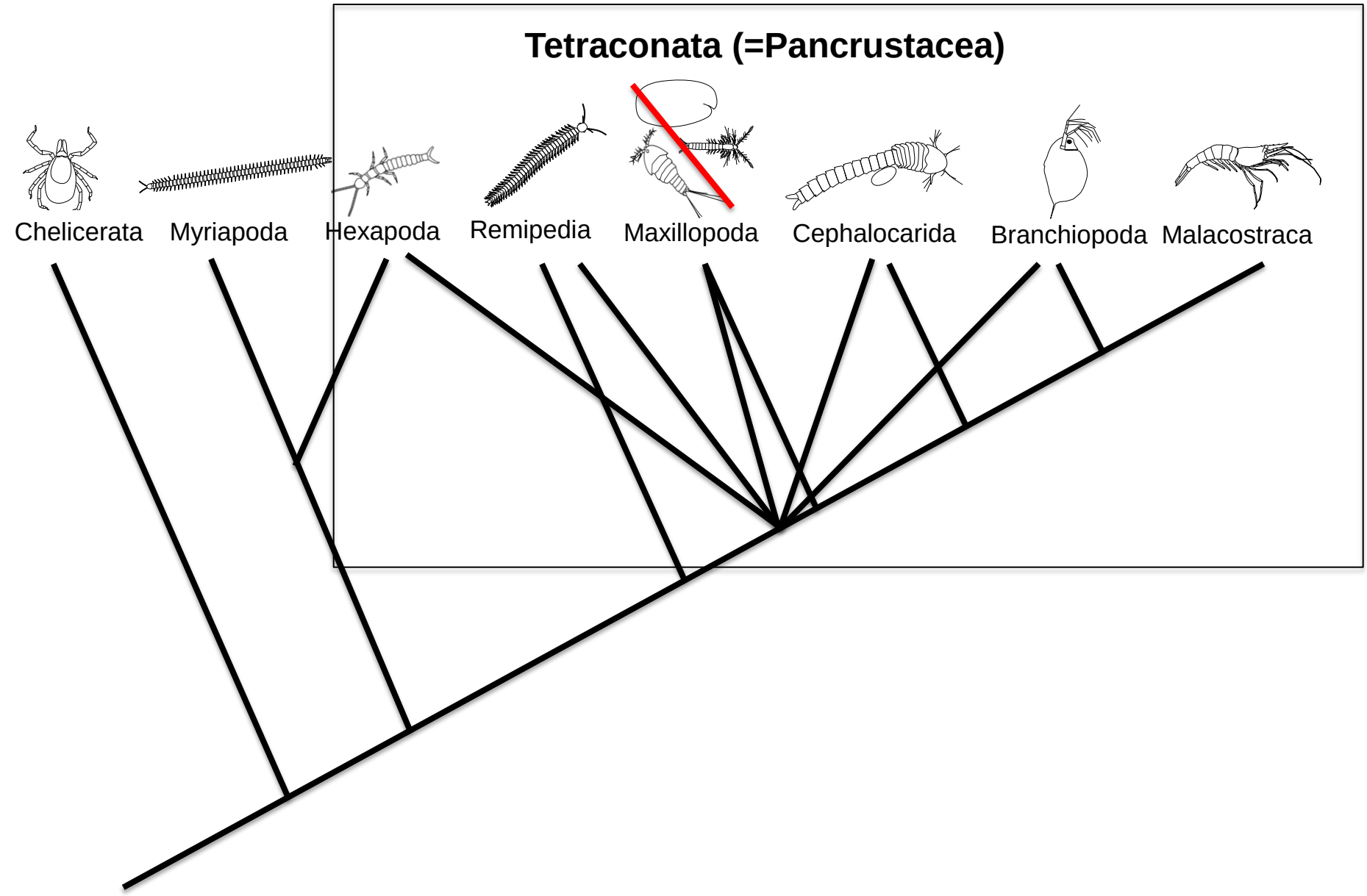
Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

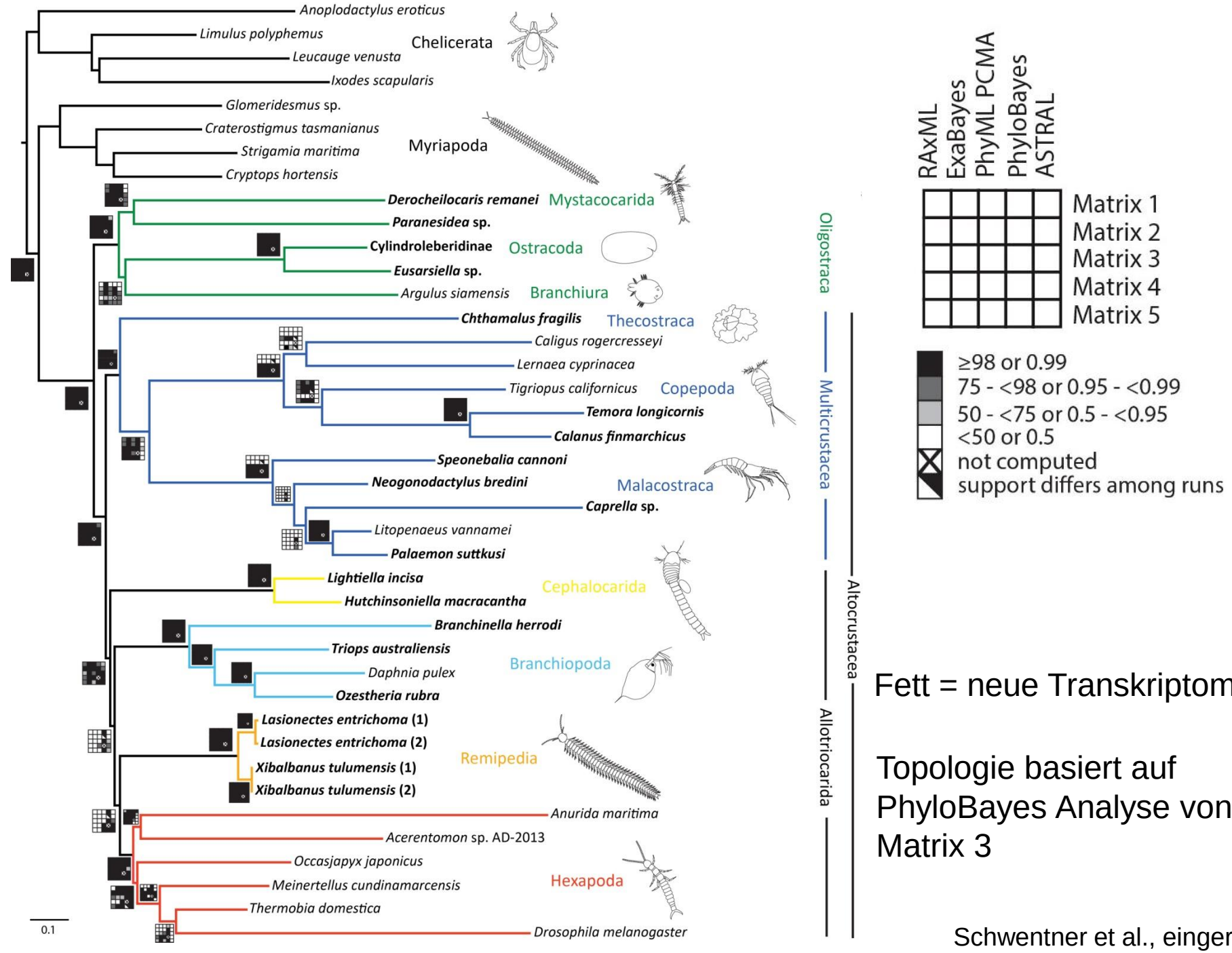
Traditionelle Phylogenie der Arthropoda



nach Ax, 1999

Aktuelle Phylogenie der Arthropoda





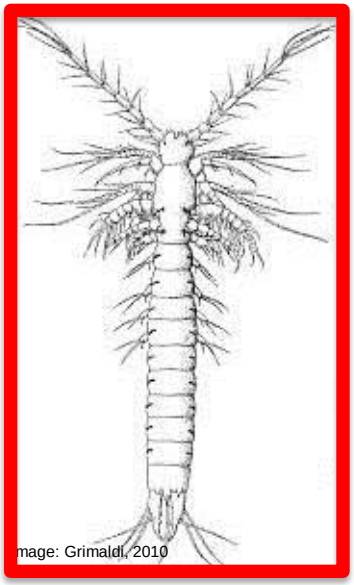
Fett = neue Transkriptome

Topologie basiert auf PhyloBayes Analyse von Matrix 3

Schwentner et al., eingereicht

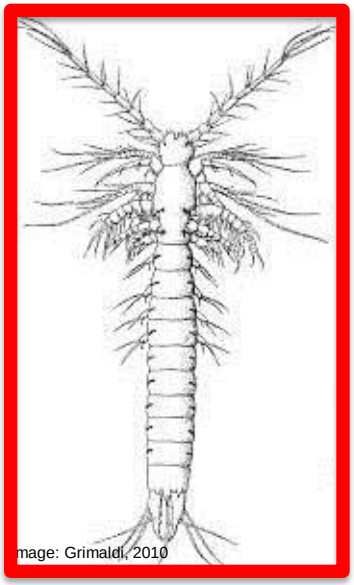
Systematik und Phylogenie der Crustacea

- **Oligostraca:**
  - **Branchiura (130 Arten)**
  - **Pentastomida (150 Arten)**
  - **Mystacocarida (13 Arten)**
  - **Ostracoda (ca. 15000 Arten)**



Systematik und Phylogenie der Crustacea

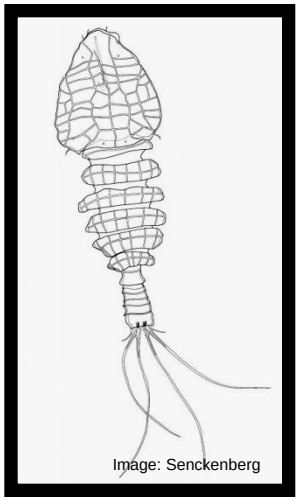
- **Oligostraca:**
  - **Branchiura**
  - **Pentastomida**
  - **Mystacocarida**
  - **Ostracoda**

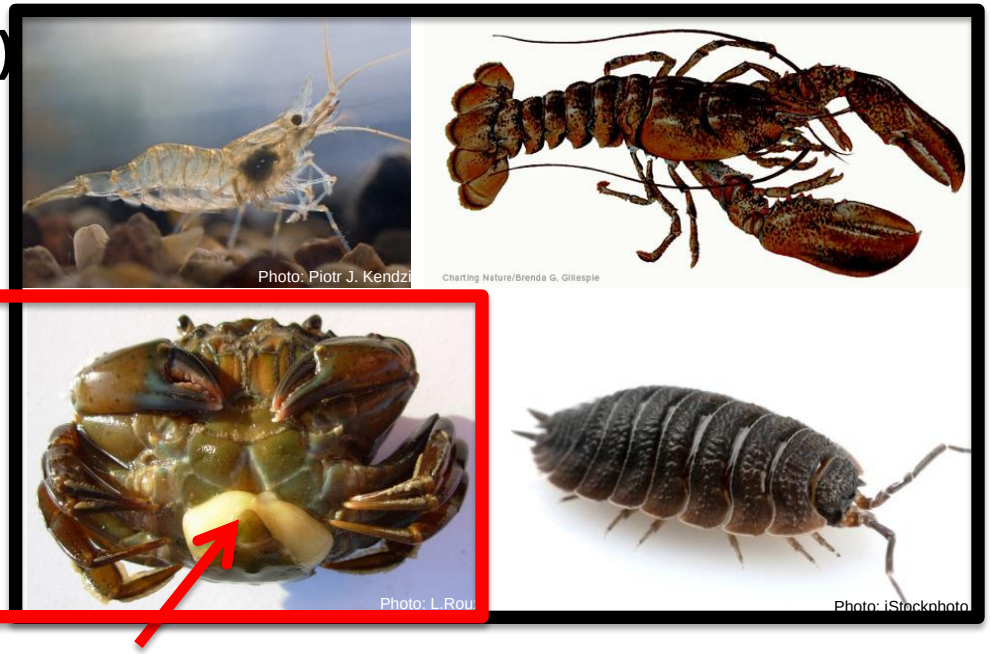


Systematik und Phylogenie der Crustacea

- Oligostraca:
  - Branchiura
  - Pentastomida
  - Mystacocarida
  - Ostracoda

- **Multicrustacea:**
  - **Copepoda (13000 Arten)**
  - **Malacostraca (28000 Arten)**
  - **Thecostraca (1320 Arten)**
  - **Tantulocarida (13 Arten)**

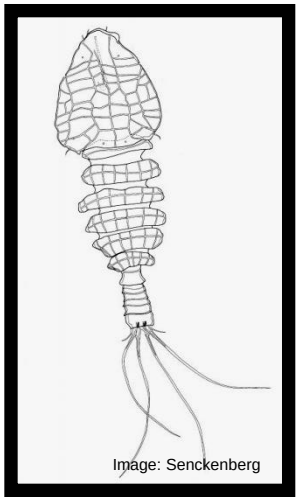




Systematik und Phylogenie der Crustacea

- Oligostraca:
  - Branchiura
  - Pentastomida
  - Mystacocarida
  - Ostracoda

- **Multicrustacea:**
  - **Copepoda**
  - **Malacostraca**
  - **Thecostraca**
  - **Tantulocarida**



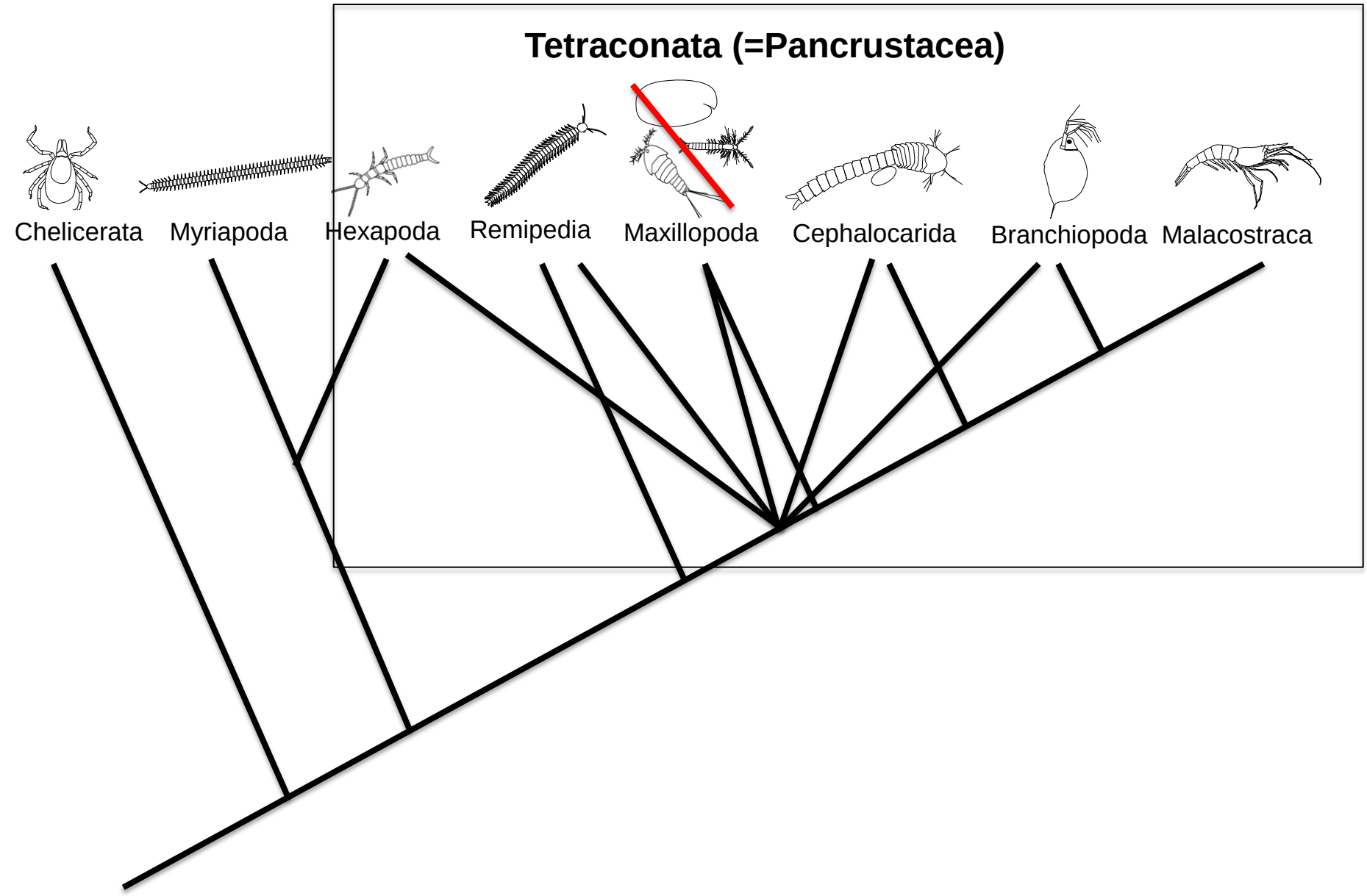
Systematik und Phylogenie der Crustacea

- Oligostraca:
  - Branchiura
  - Pentastomida
  - Mystacocarida
  - Ostracoda

- Multicrustacea:
  - Copepoda
  - Malacostraca
  - Thecostraca
  - Tantulocarida

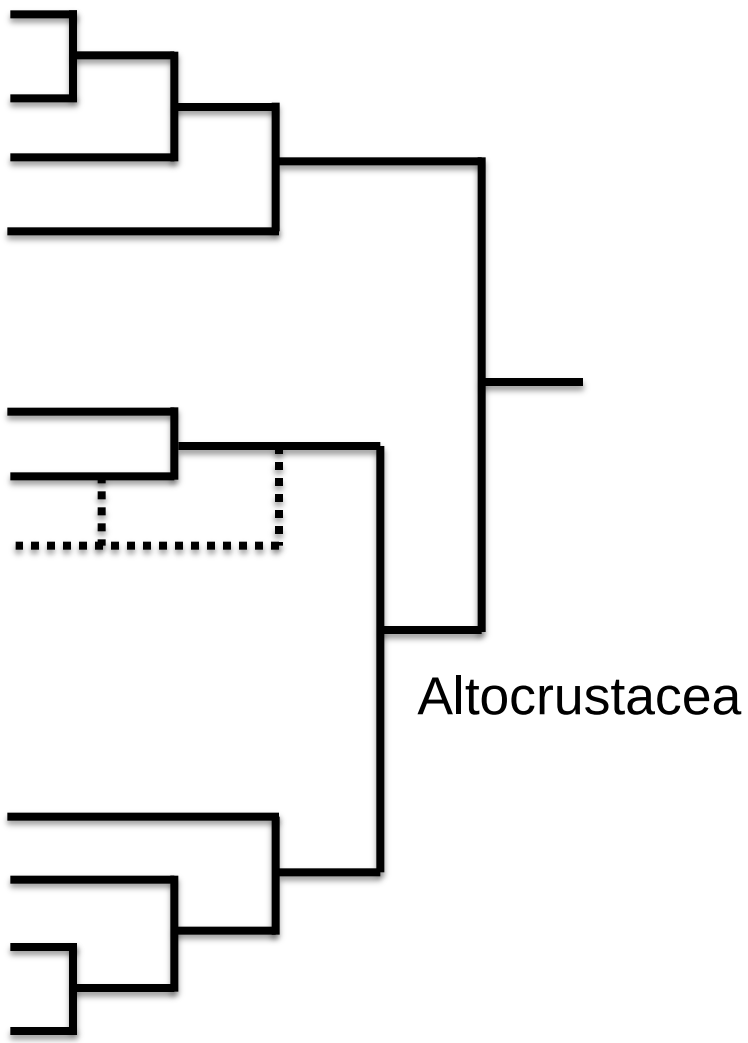
- **Allotriocarida:**
  - **Cephalocarida (12 Arten)**
  - **Branchiopoda (1500 Arten)**
  - **Hexapoda (~1000000 Arten)**
  - **Remipedia (21 Arten)**

Aktuelle Phylogenie der Arthropoda



Systematik und Phylogenie der Crustacea

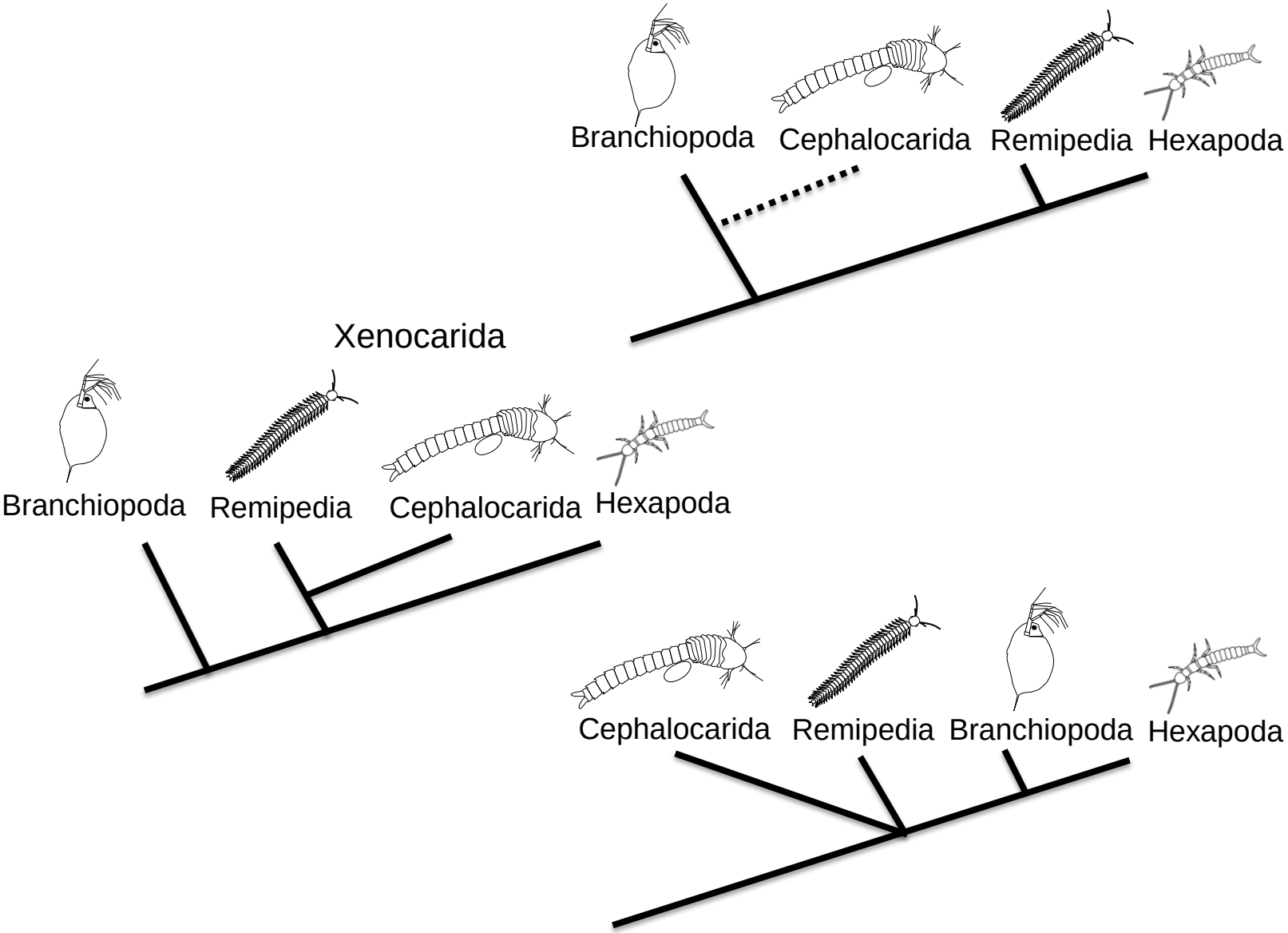
- Oligostraca:
  - M Branchiura
  - M Pentastomida
  - M Mystacocarida
  - (M) Ostracoda
- Multicrustacea:
  - M Copepoda
  - Malacostraca
  - M Thecostraca
  - M Tantulocarida
- Allotriocarida:
  - Cephalocarida
  - Branchiopoda
  - Hexapoda
  - Remipedia



M = ehemals Maxillopoda

basiert auf Regier et al., 2010; Schwentner et al., eingereicht

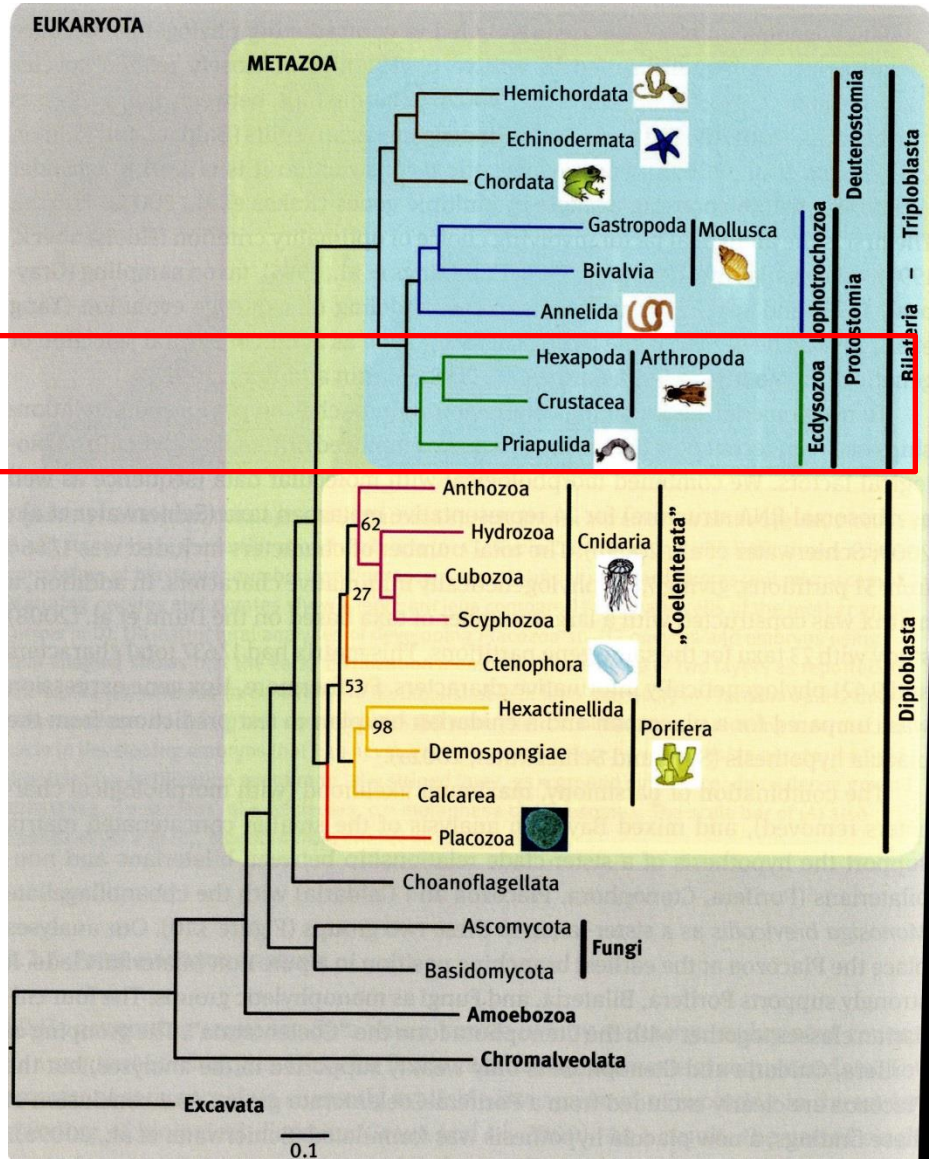
Alternative Schwestergruppenbeziehungen der Hexapoda



basiert auf Regier et al., 2010; Oakley et al., 2013; Lozano-Fernandez et al., 2016

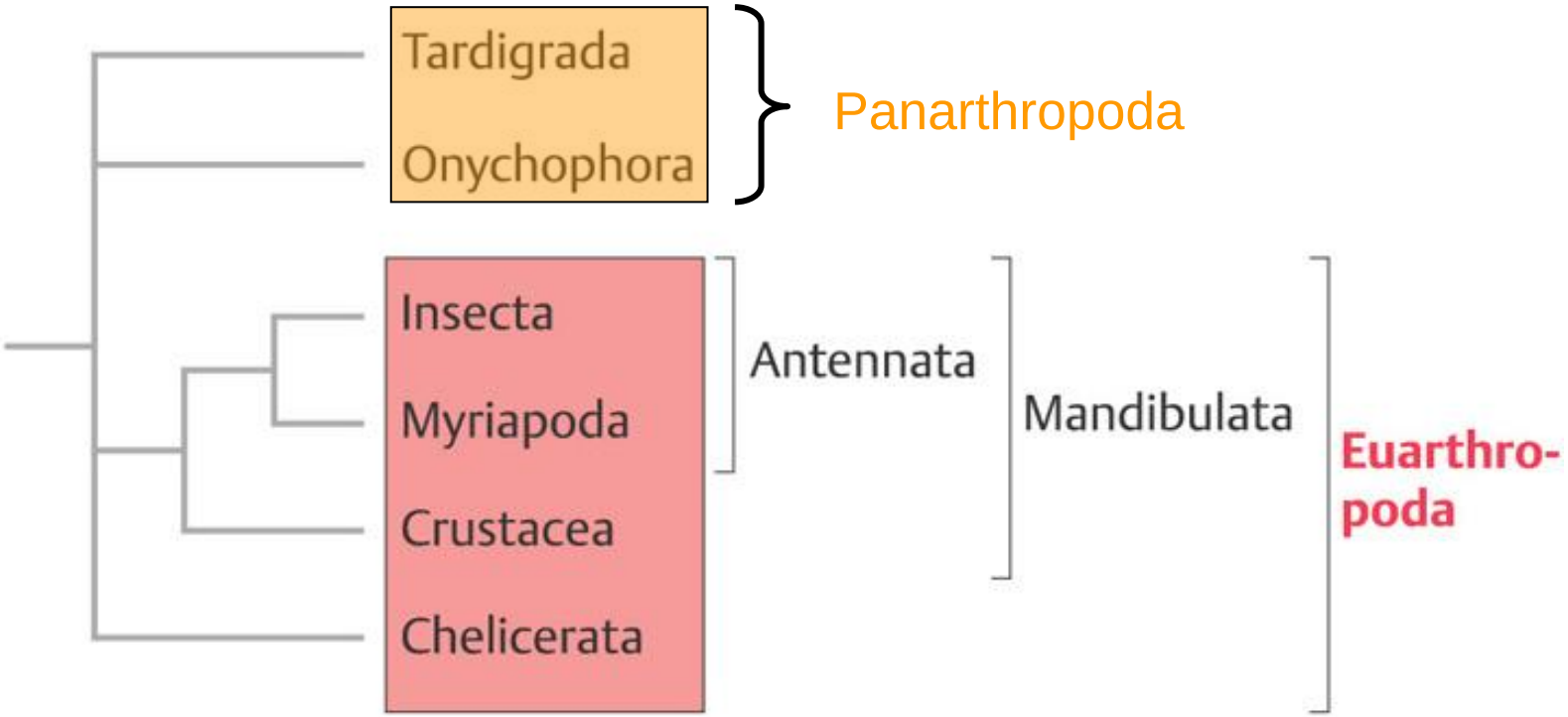
Stammbaum der Metazoa – die „Häutungstiere"

- **Ecdysozoa** **Hexapoda**



Die Gliederung der Gliedertiere

- **Euarthropoda – „echten Gliederfüßer“**

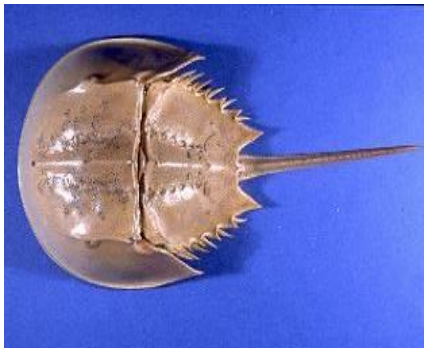


Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

Euarthropoda

- **Zur Verwandtschaft innerhalb der „echten“ Arthropoden**

1. Chelicerata (Spinnentiere i. w. S.)



2. Mandibulata („Mandibeltiere“)

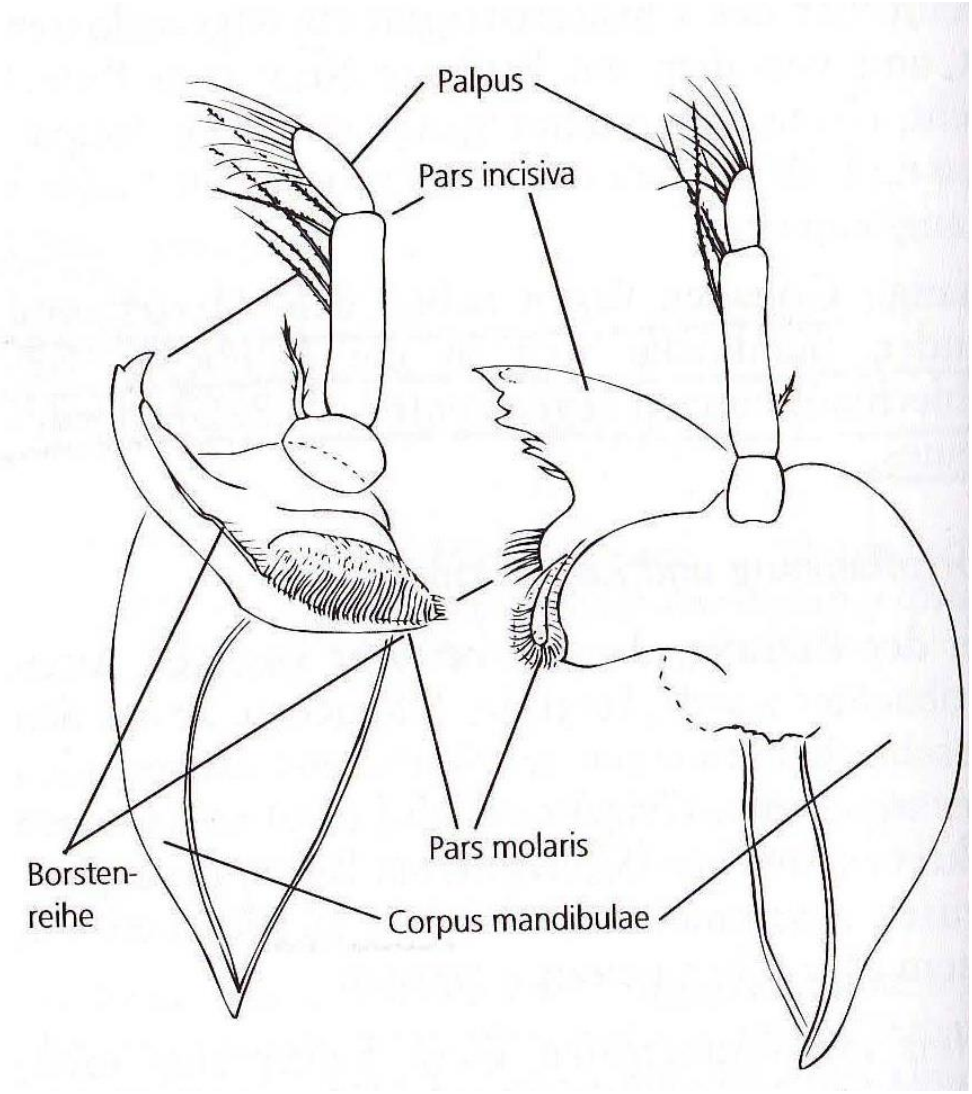
Crustacea (Krebse)

Myriapoda

Hexapoda

Die Mandibel eines Mandibulata

- **Mandibel vs. Chelae**

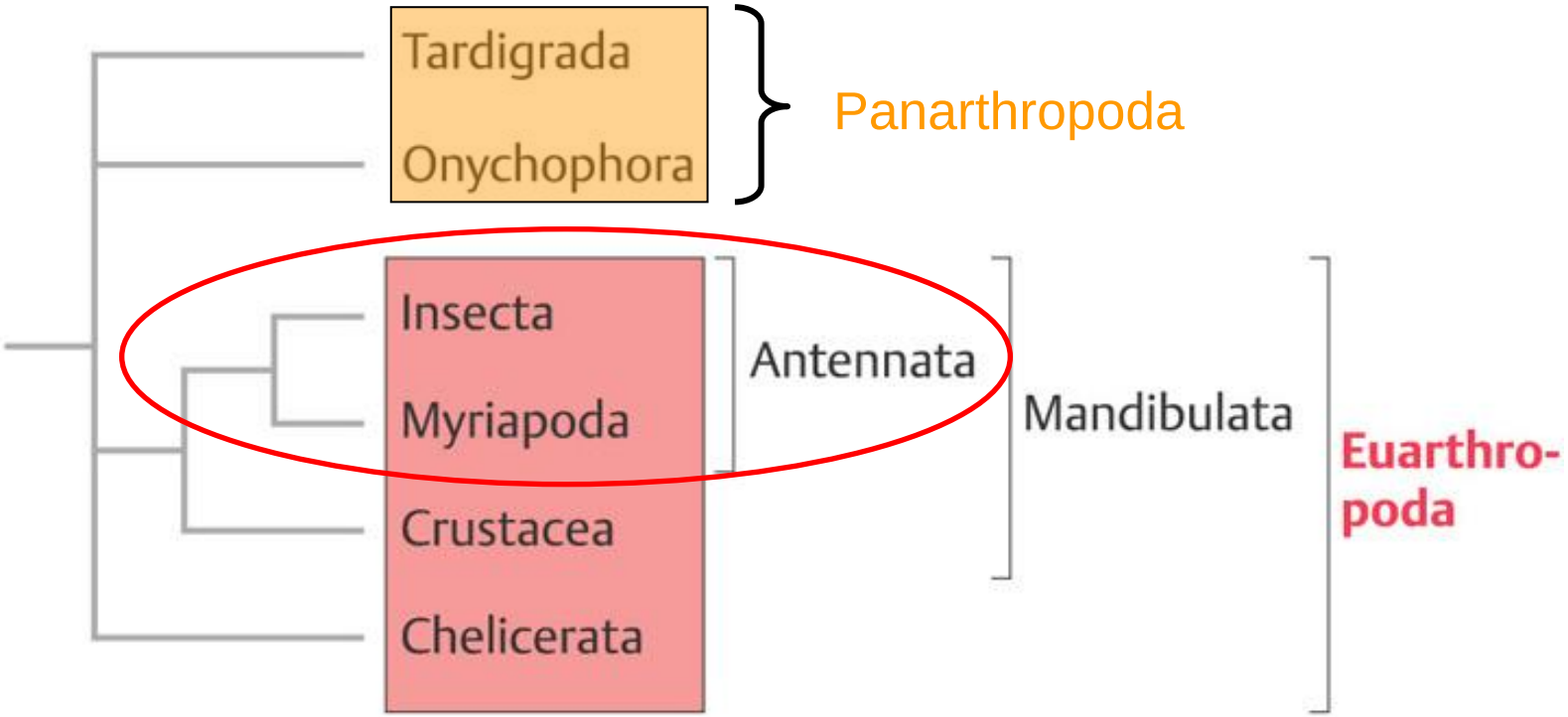


Mandibel von
Paranaspides lacustris
(Malacostraca, Syncarida)

aus Westheide & Rieger

Die Gliederung der Gliedertiere

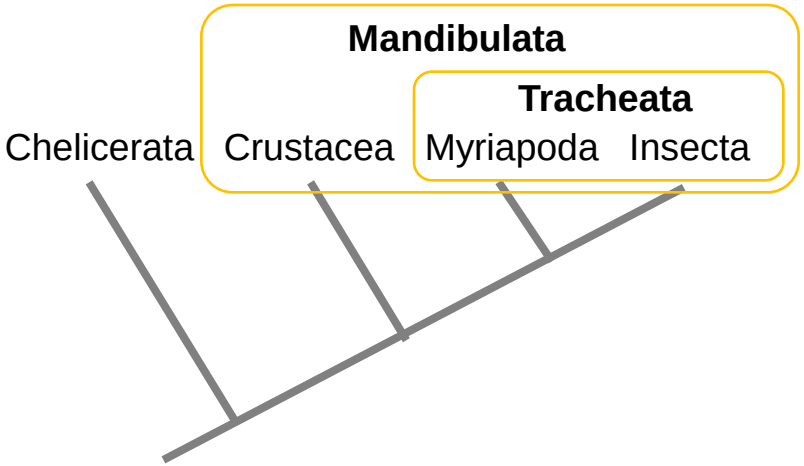
- **Antennata = Myriapoda + Insecta**

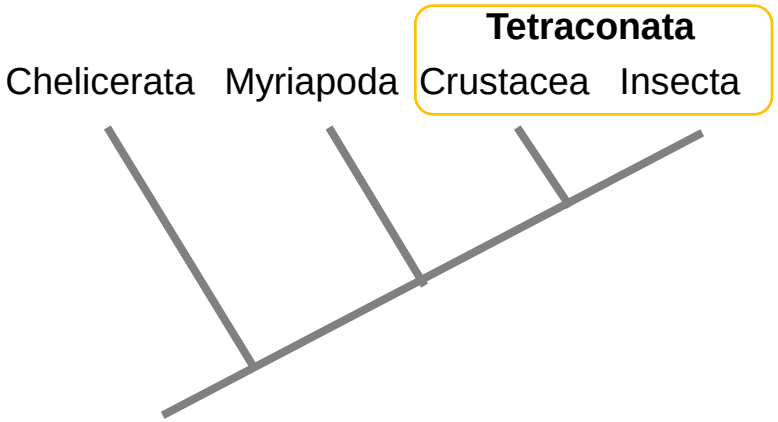


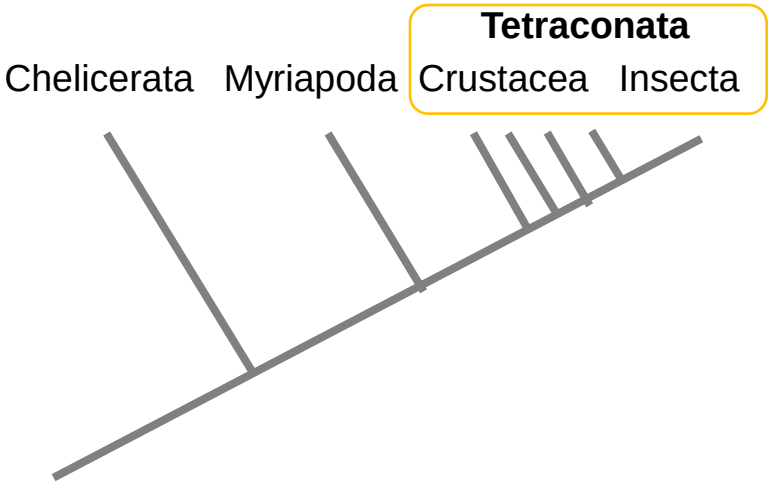
Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

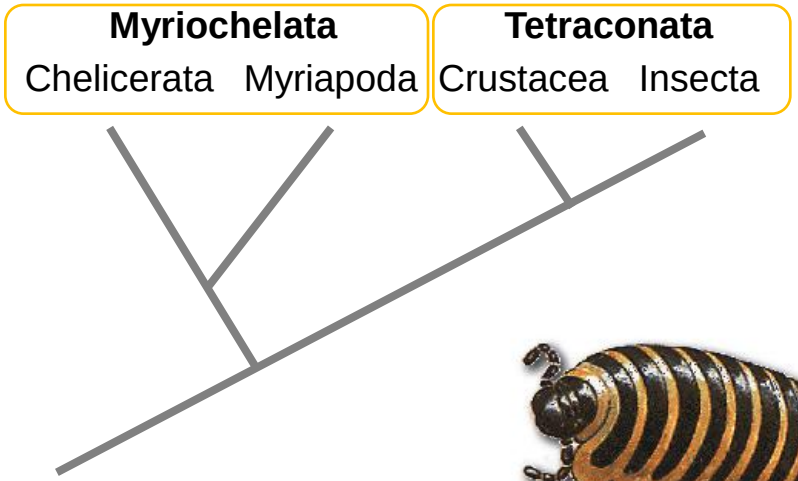
Euarthropoda

- **Konkurrierende Verwandtschaftshypothesen**





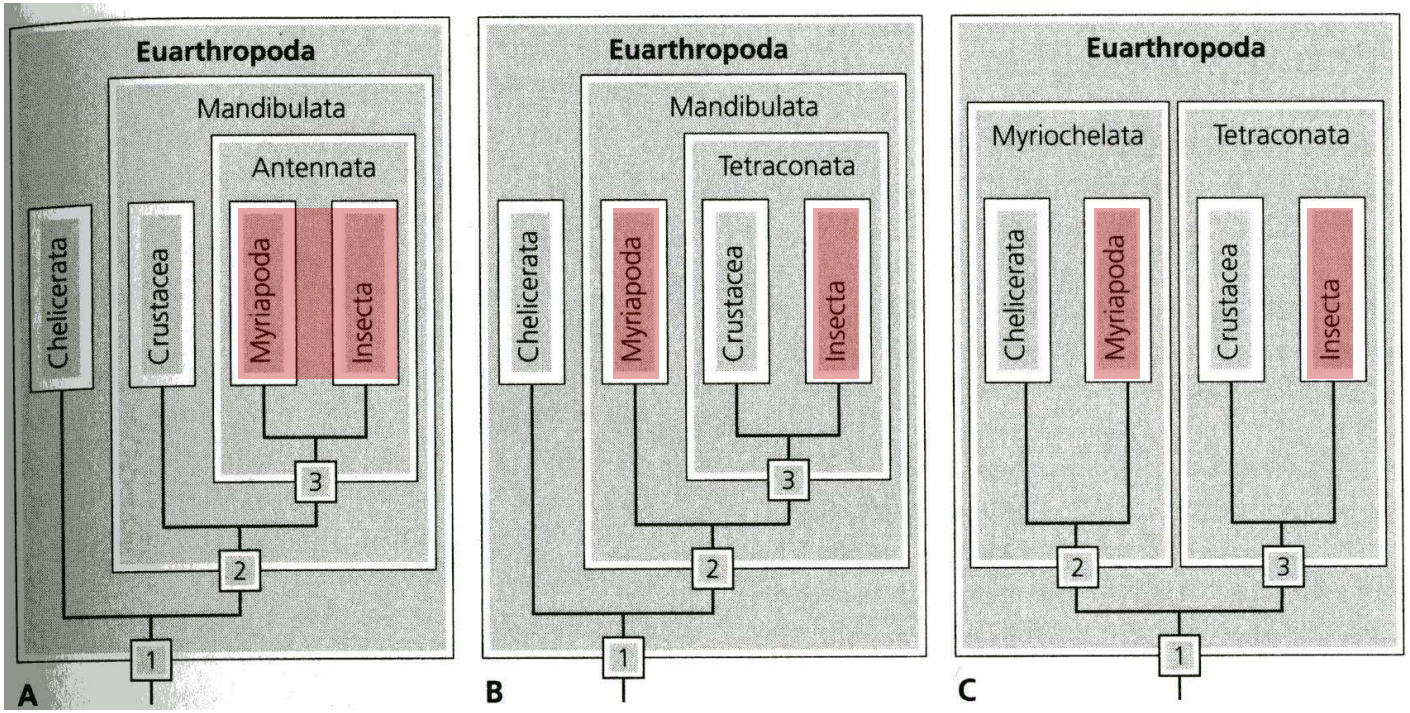




4 Medianaugen (Grundmuster)

Phylogenetische Stellung der Myriapoda

- **Als Beispiel: Das Myriochelata- vs. Antennata-Konzept**



Antennata-Konzept

Tetraconata-Konzept

Myriochelata-Konzept

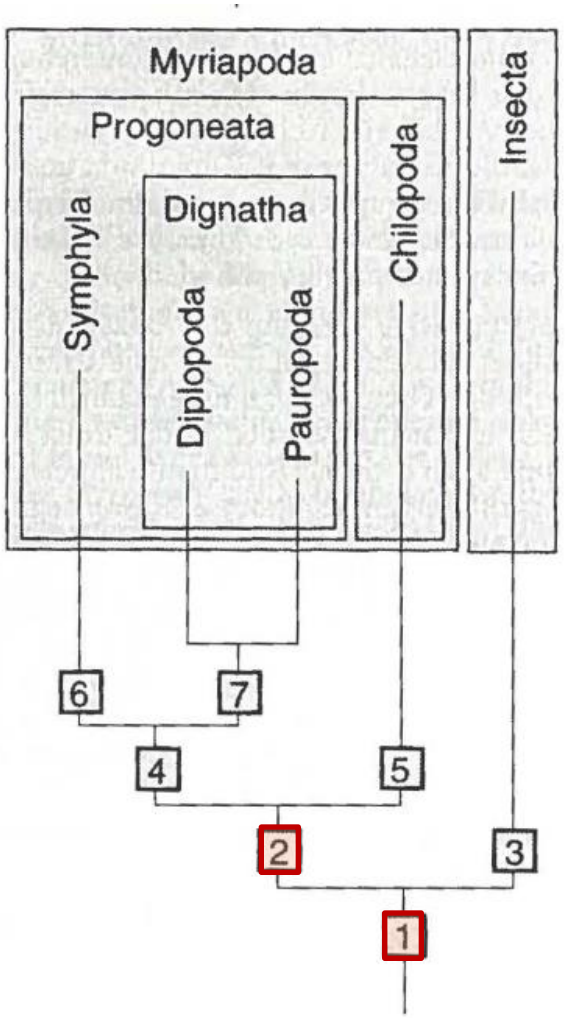
1: Fehlen der 2. Antennen, ektodermale Malpighische Gefäße

2: Rumpfextremitäten zu Giftklauen (Maxillipeden) umgewandelt,
Embryonen mit Eizahn an Mx2, spezifischer Spermienbau

3: Bau Komplexauge – 2 Corneagen-, 4 Semper- & 8 Retinula-Zellen

Phylogenie der Tracheata

- **Kladistische Argumentation für Myriapoda + Insecta**



1 Fehlen der 2. Antennen, ektodermale Malpighische Gefäße

2 Verlust der Medianaugen; Verlust der Spaltsinnesorgane

3 Gliederung in Kopf, Thorax und Abdomen; Thorax mit 3 Segmenten und 3 Beinpaaren.

4 Geschlechtsöffnungen im Vorderrumpf, Darm bildet sich innerhalb des Dotters

5 Rumpfextremitäten zu Giftklauen (Maxillipeden) umgewandelt Embryonen mit Eizahn an Mx2, spezifischer Spermienbau

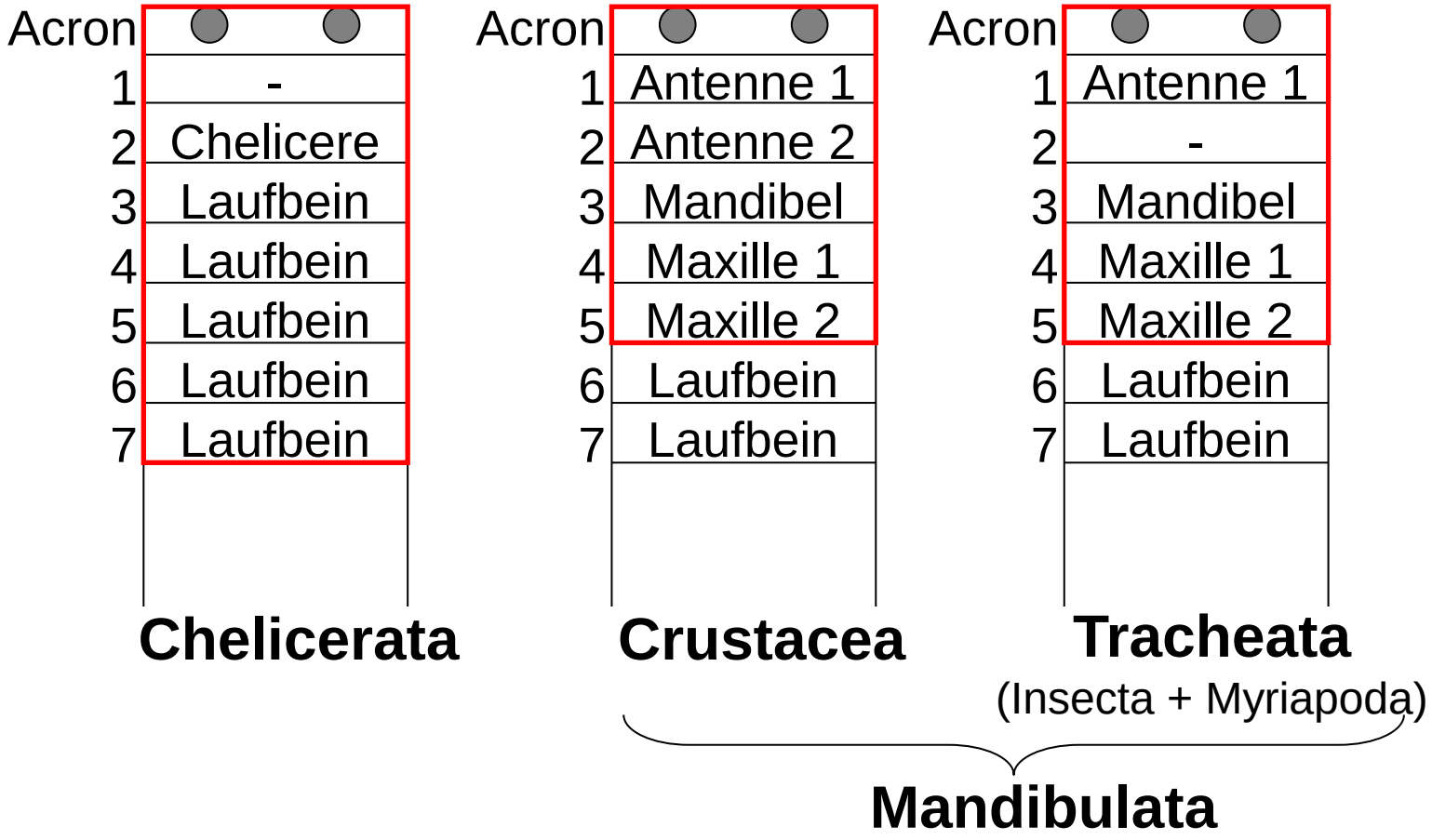
6 12 Beinpaare, 1 Paar Stigmen im Kopf

7 Maxillen fehlen; Geschlechtsöffnungen im 2. Rrumpfsegment; Stigmen nahe der Beinbasen

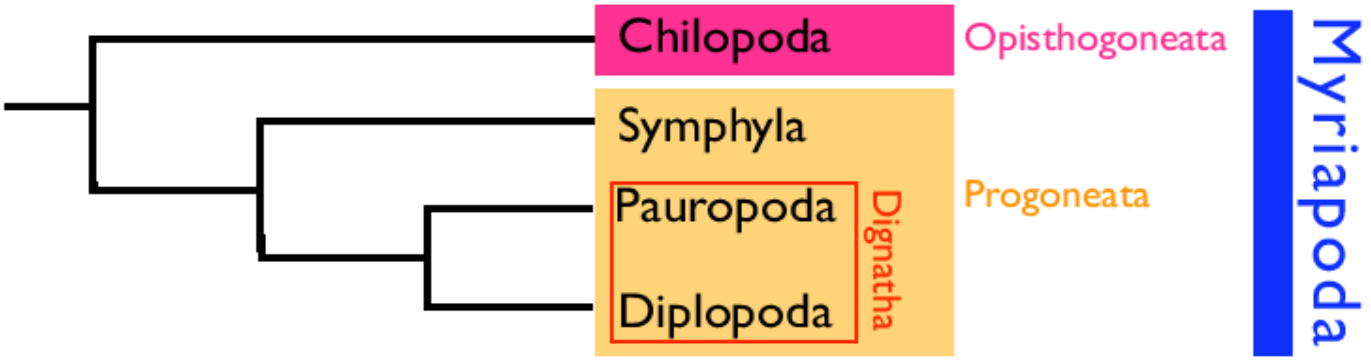
Aus Westheide & Rieger

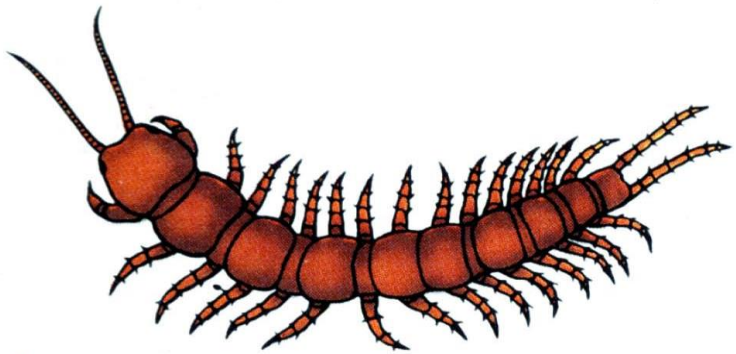
Merkmalsbewertung bei Euarthropoda

- **Vergleich der Kopfgliederung – Tagmata-Bildung**

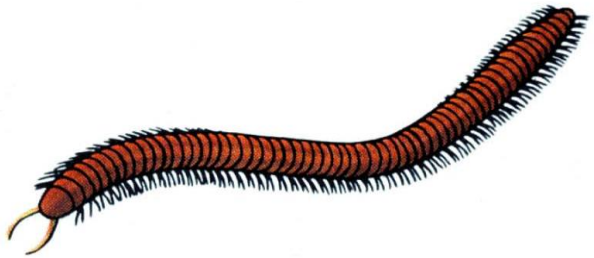


Myriapoda

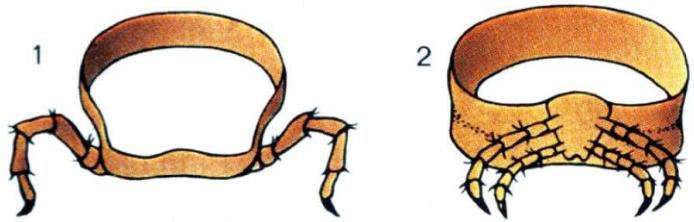




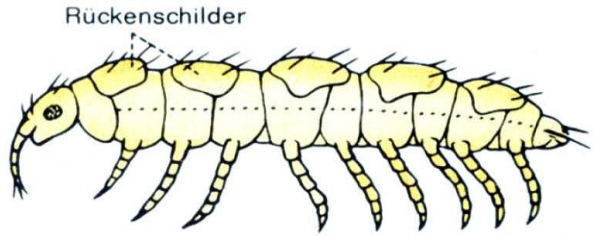
A **Chilopoda** (Lithobius)



B **Diplopoda** (Julus)



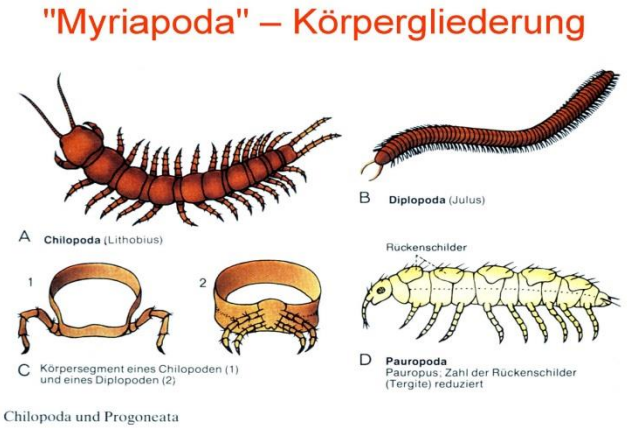
C Körpersegment eines Chilopoden (1) und eines Diplopoden (2)



D **Pauropoda**
Pauropus; Zahl der Rückenschilder (Tergite) reduziert

Chilopoda und Progoneata

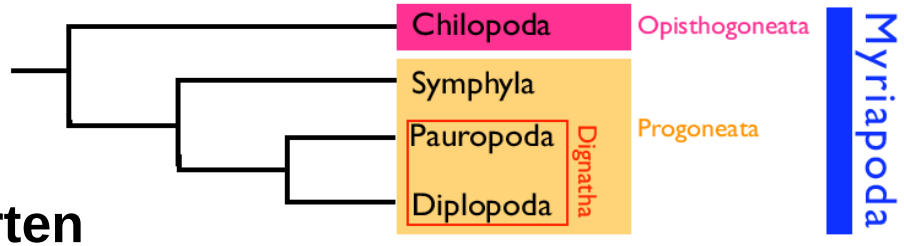
Myriapoda



- **Merkmale im Überblick**
  - **Tagmata: Kopf + homonomer Rumpf**
  - **keine echten Komplexaugen**
  - **2. Antenne fehlt**
  - **Malpighische Schläuche ektodermaler Herkunft**
  - **Verlust einer freischwimmenden Larve**
  - **Röhrentracheen (damit Hämolymphe nicht relevant für Sauerstofftransport)**
  - **horizontale Mandibel**
  - **klare hintere Grenze der Kopfkapsel**

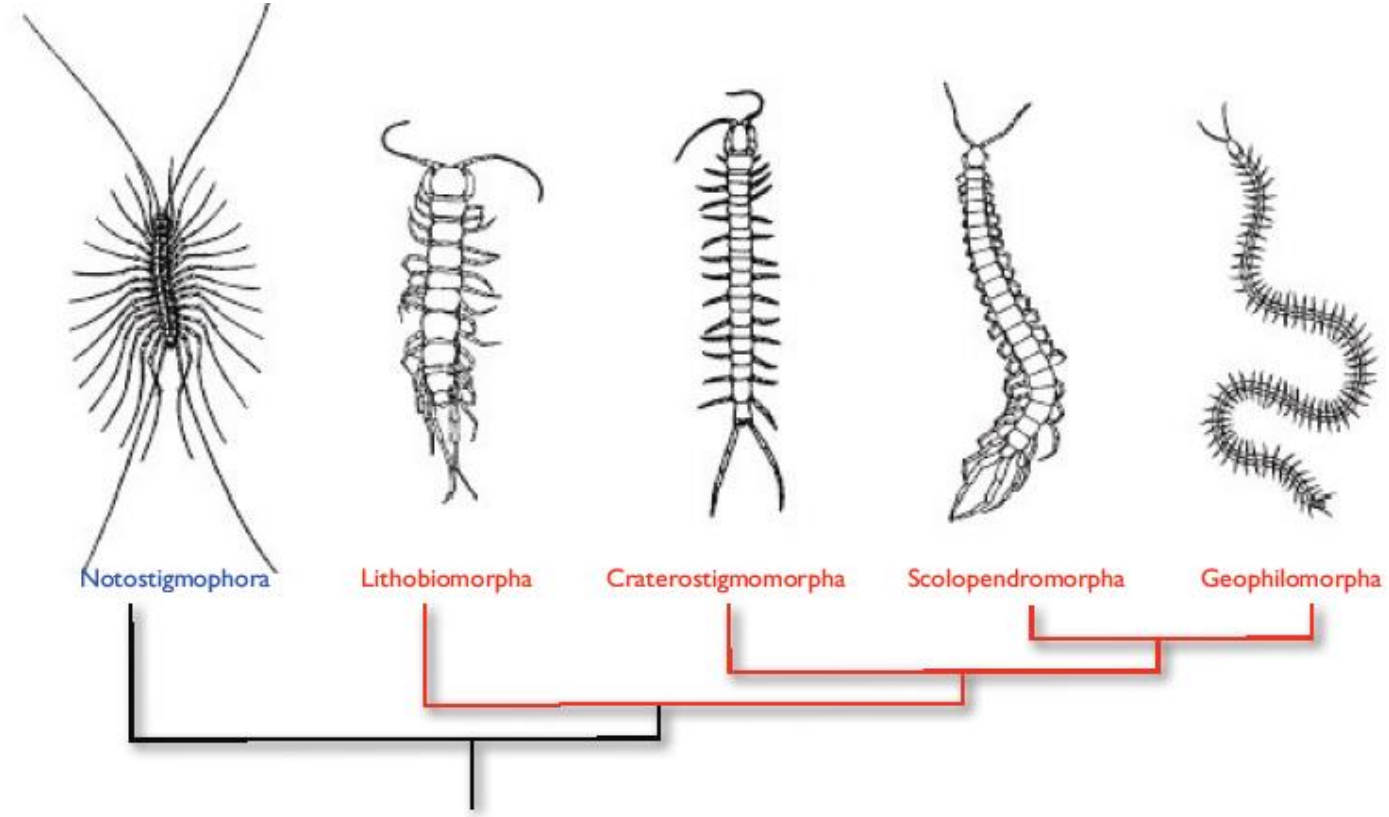
(evtl. sind ähnliche Merkmale bei Insekten konvergent & durch Landgang beider Gruppen zu erklären)

Myriapoda



- **Chilopoda, Hundertfüßer**

- ca. 2.800 Arten



Notostigmophora (Spinnenläufer) 100 Arten
Apomorphe Merkmale: unpaare, dorsal mündende Tracheenbüschel, die in das Blut des Pericardialsians ragen + verlängerte vielgliedrige Tarsen.
Tracheenlungen.

Pleurostimophora 2600 Arten
Mit segmentalen, typischen Tracheen, deren Stigmen seitlich in den Pleuren liegen.
Röhrentracheen.
a) Lithobiomorpha (18 Rumpfsegmente, 15 Laufbeinpaare)
b) Scolopendromorpha (24 oder 26 Rumpfsegmente, 21 oder 23 Beinpaare)
c) Geophilomorpha (31-170 Beinpaare)

Myriapoda

- **Chilopoda: Notostigmophora: Scutigeridae: *Scutigera***

Myriapoda

- **Chilopoda: Lithobiomorpha**

Myriapoda

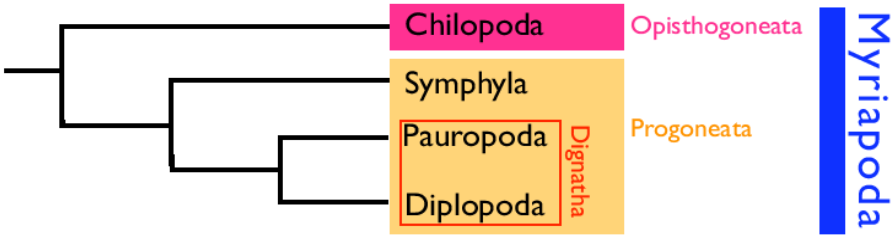
- **Chilopoda: Lithobiomorpha**

***Lithobius forficatus* (Chilopoda)**

Myriapoda

- **Chilopoda: Scolopendromorpha**

Myriapoda



- **Merkmale der Chilopoda**

  - 1. Rumpfextremitäten zu Giftklauen (Maxillipeden) mit Giftdrüsen umgewandelt
  - Embryonen mit Eizahn an den 2. Maxillen
  - Spezifischer Bau der Spermien und Spermatophorenübertragung (innere Befruchtung)

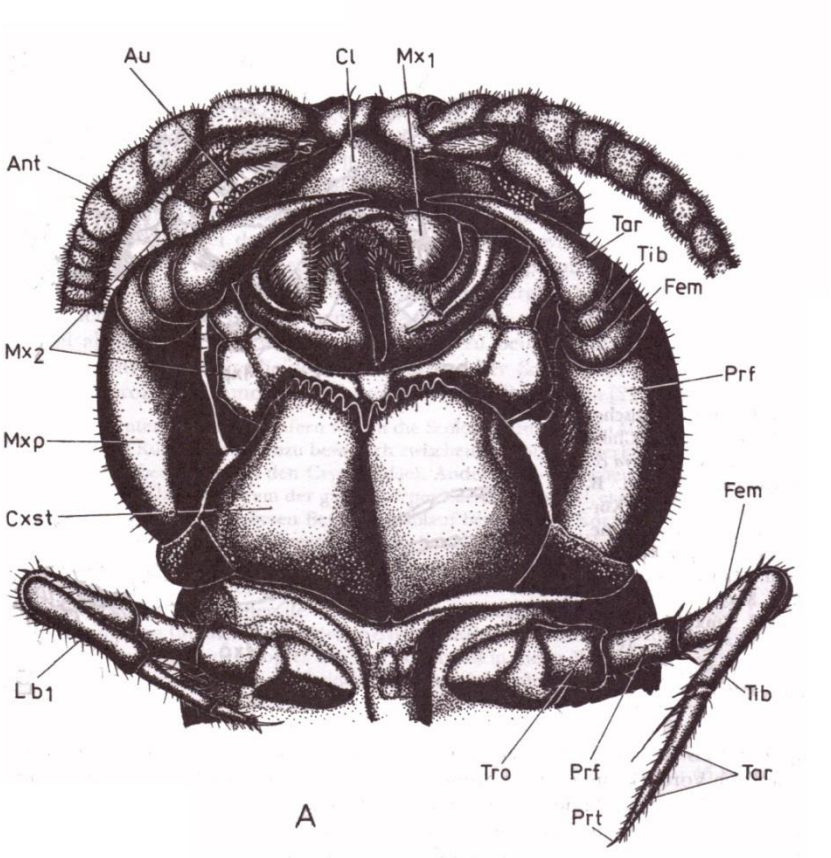
Alle Arten: Bodentiere
- unter Steinen, Rinde oder im Boden (Geophilidae)

- Länge 3-27 cm, alle räuberisch, nachtaktiv

Myriapoda

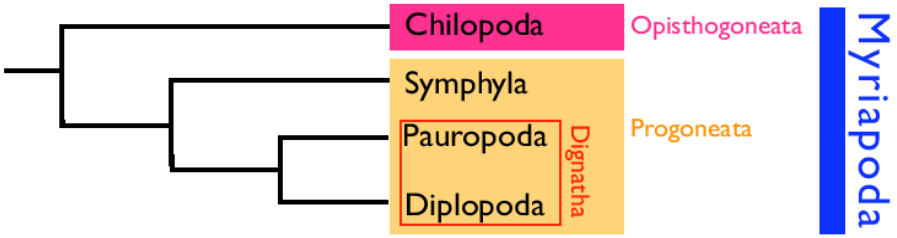
- **Merkmale der Chilopoda**

Das 1. Laufbeinpaar ist zu Greifzangen („Maxillipeden“) umgebildet,
Die eine Giftdrüse tragen.

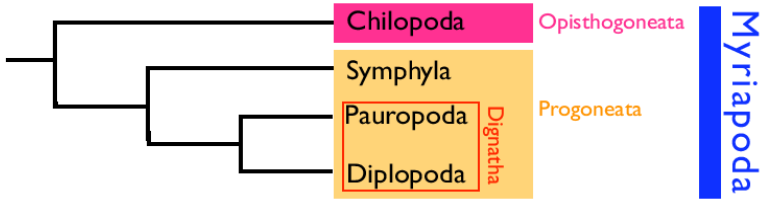


Myriapoda

- **Julidae, Schnurfüßler**



Myriapoda



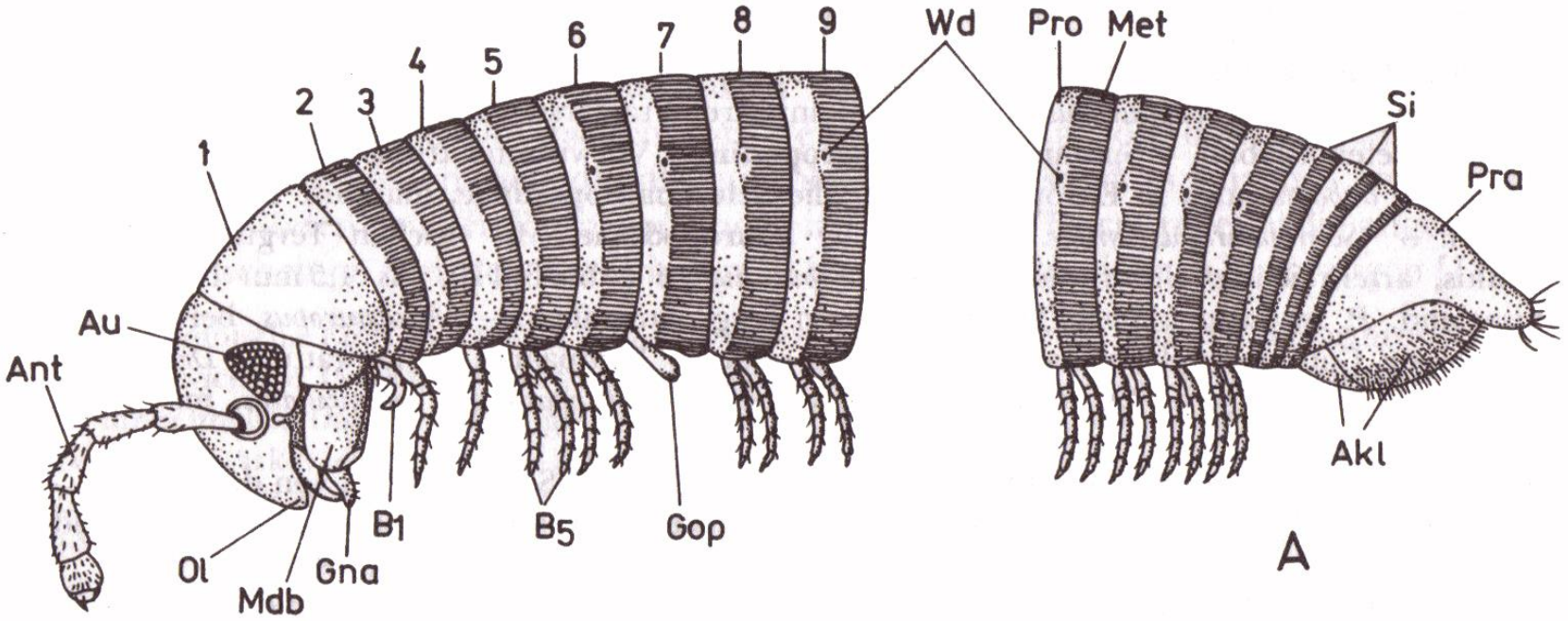
- **Progoneata – Diplopoda**

- **10.000 Arten**
- **Homonomer Rumpf, viele Extremitäten**
- **Langes Herz, zahlreiche Ostien**
- **Segmentarmes Jugendstadium → Anamorpha**
- **vorgelagerte Geschlechtsöffnung im 3 . / 4. Rumpfsegment (Progoneata)**
- **Beine inserieren ventral einer querverlaufenden Spange**
- **Ovarien, meist auch Hoden, ventral vom Darm**
- **Meist Feuchtlufttiere des Bodens, leben unter Rinde & Steinen in Verstecken**

Myriapoda

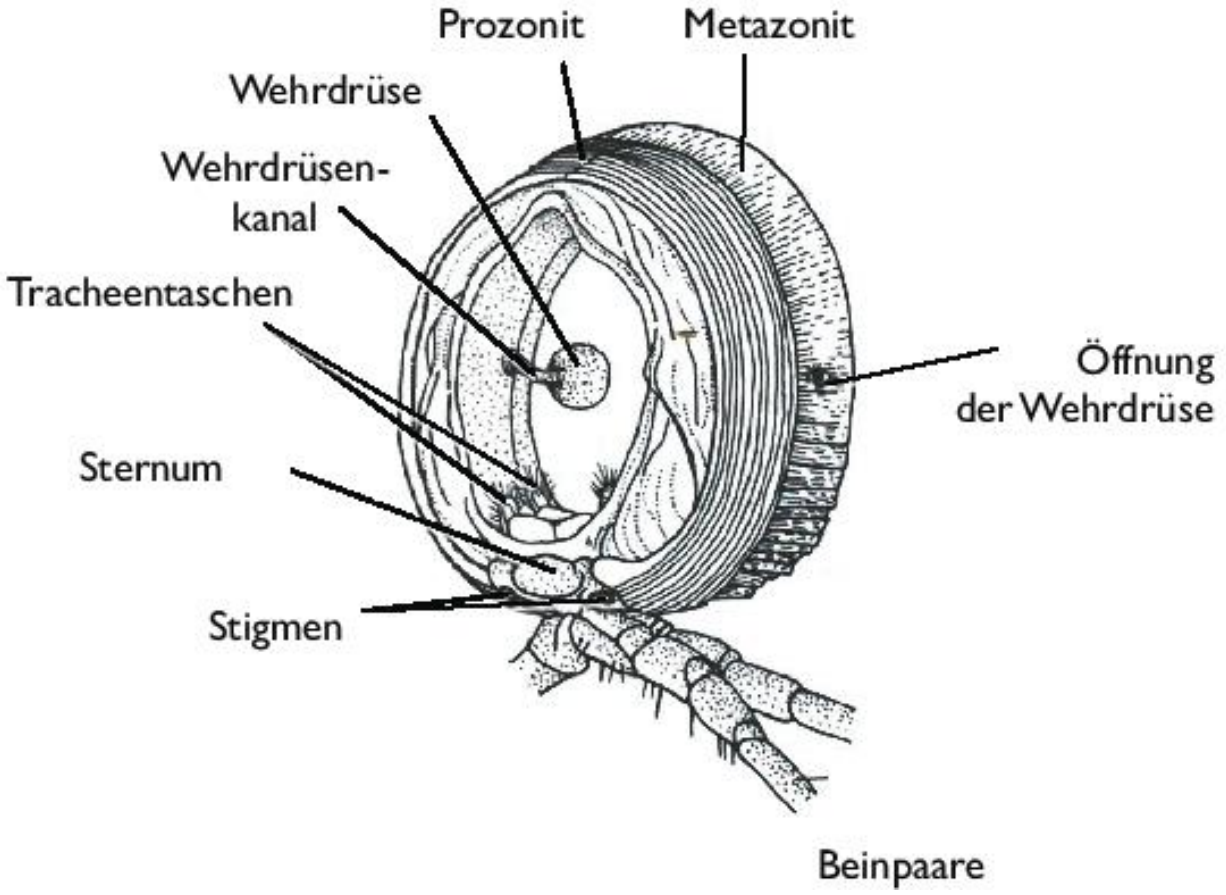
- **Diplopoda – Merkmale:**

- **jedes Segment ist ein „Diplosegment“ mit 2 Beinpaaren Ausnahmen sind die ersten 3 Beinpaare**
- **das 1. Beinpaar ist klein, das zugehörige Segment bildet das große Halsschild (Collum)**
- **„Pseudofacettenaugen“**



Myriapoda

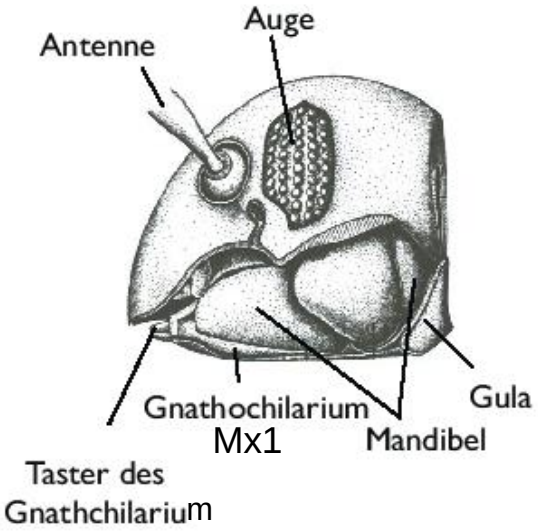
- **Diplopoda**

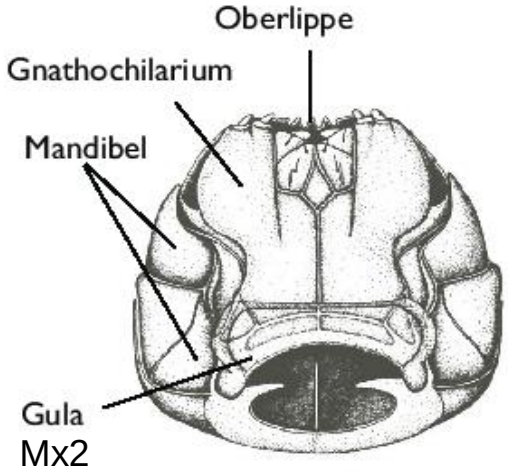


Die meisten Rumpfsegmente sind Diplosegmente
mit je 2 Beinpaaren, einheitlichen Tergiten,
2 Paar Stigmen und Ostien und Seitenarterien

Myriapoda

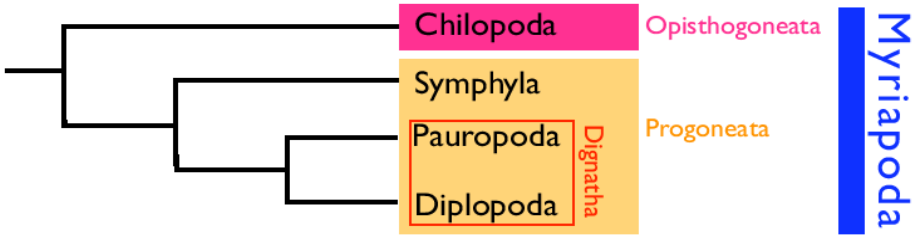
- **Diplopoda: Kopf**





- **nur 1 Paar Maxillen**
- **Gnathochilarium (→ ontogen. verwachsen Mx1 mit Sternum dieses Segm.**
- **Segment der Mx2 ist extremitätenlos (Diplopoda & Pauropoda - Dignatha)**
- **Gula (vom Segment der Mx2 bleibt das Sternit als ventrale Platte)**
- **Kopf mit 6-8gliedriger Antenne, Seitenaugen & vielfach Schläfenorgane**

Myriapoda



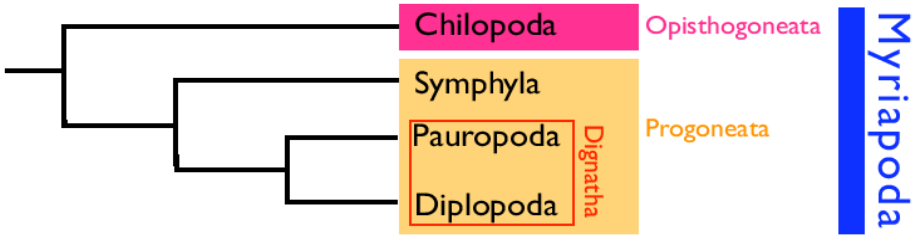
- **Fazit: Diplopoda**

  - **2 mm-30 cm, 11-300 Beine, Pflanzenfresser**

  - **meist Diplosegmente**
  - **nur 1 Paar Maxillen**
  - **Gnathochilarium / Gula**

  - **Häutung 2-3 Wochen, in Häutungskammern**
  - **Wehrdrüsen vom 5. Rumpfring an**
  - **2 Malpighische Gefäße münden in Darm**
  - **Tracheen (mit Stigmen) fast bei allen Arten in allen Segmenten**

Myriapoda



Pauropoda

- ~370 Arten im Boden < 2 mm
- Viele Reduktionserscheinungen, Verlust von Augen, Blutgefäßen, Tracheen
- Nur 1 Paar Mx → auch als Speicheldrüsen

Symphyla

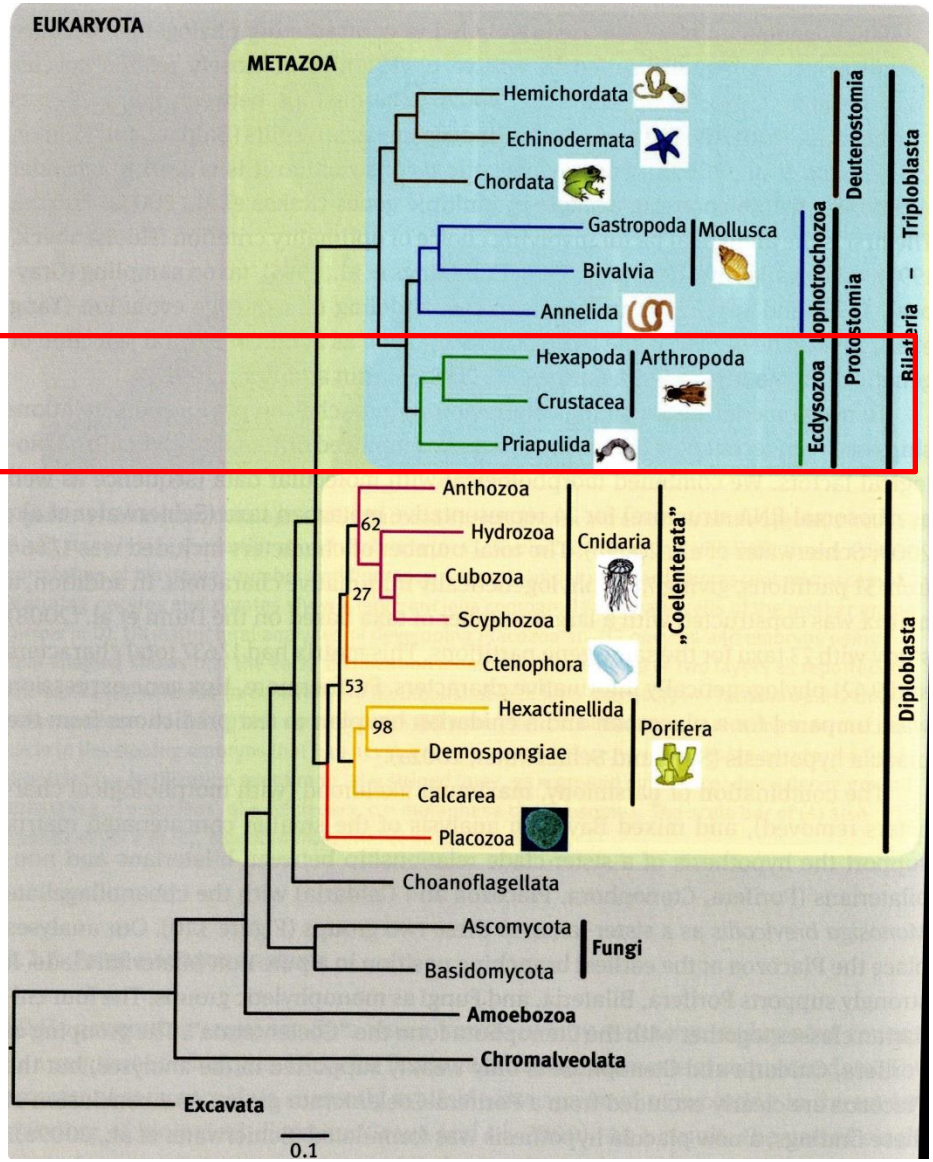
- 120 Arten, ~ 8 mm
- farblose Bodenbewohner, blind

- 2 Mxp + 2 Paar Nephridien
- Laufbeine mit Styli (Epipodite)
- Tracheen mündenden am Kopf

- Vermehrung der Tergite (24) gegenüber den Beinpaaren (12)
- 2 Spinngriffel am Hinterende
- Gestielte Spermatophoren

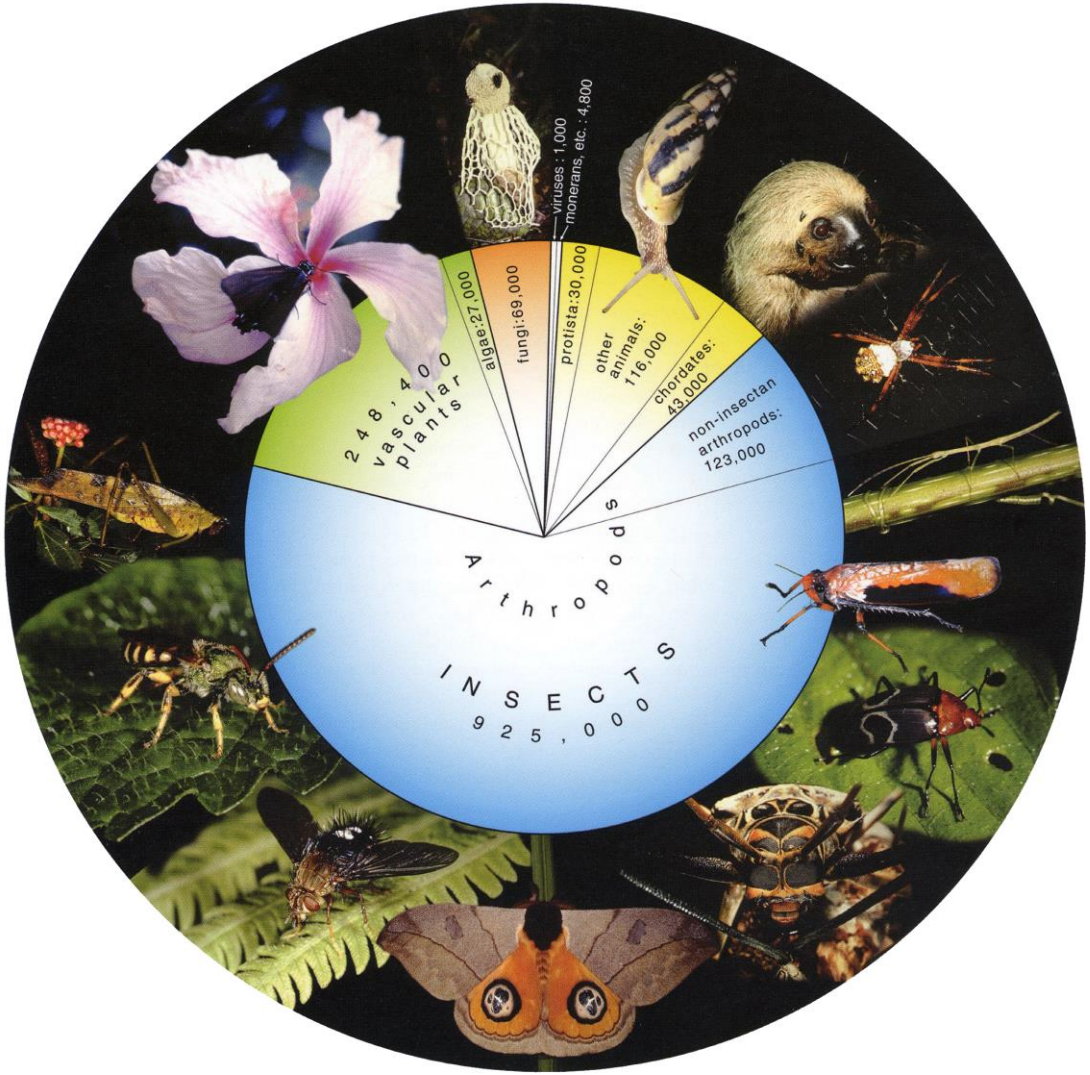
Stammbaum der Metazoa – die „Häutungstiere"

- **Ecdysozoa** **Hexapoda**



Hexapoda

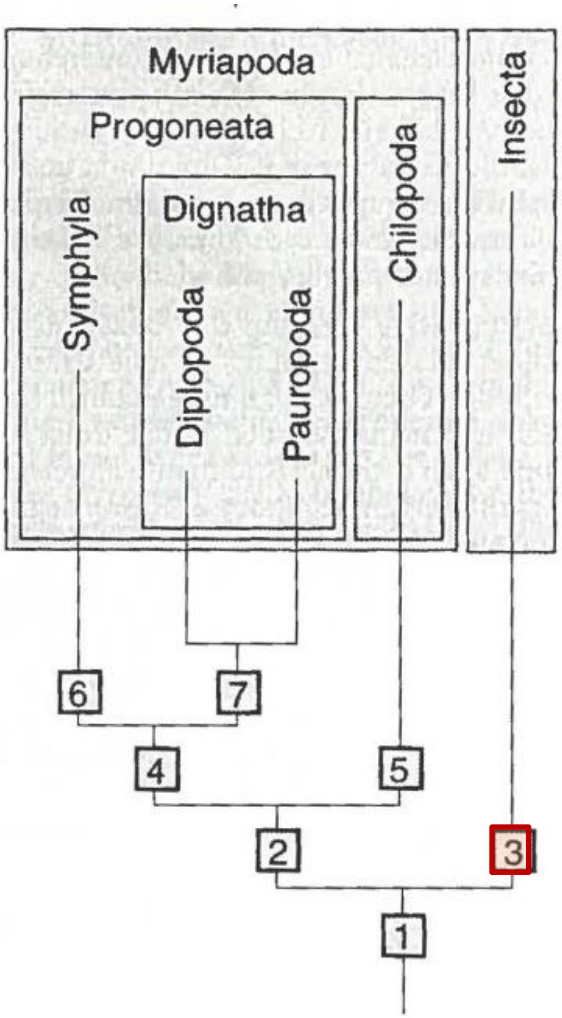
- *„In erster Näherung sind alle Tiere Insekten“* **(R. May)**



(Grimaldi & Engel, 2005)

Phylogenie der Tracheata

- **Insecta**



1 Fehlen der 2. Antennen, ektodermale Malpighische Gefäße

2 Verlust der Medianaugen; Verlust der Spaltsinnesorgane

3 Gliederung in Kopf, Thorax und Abdomen; Thorax mit 3 Segmenten und 3 Beinpaaren.

4 Geschlechtsöffnungen im Vorderrumpf, Darm bildet sich innerhalb des Dotters

5 Rumpfextremitäten zu Giftklauen (Maxillipeden) umgewandelt Embryonen mit Eizahn an Mx2, spezifischer Spermienbau

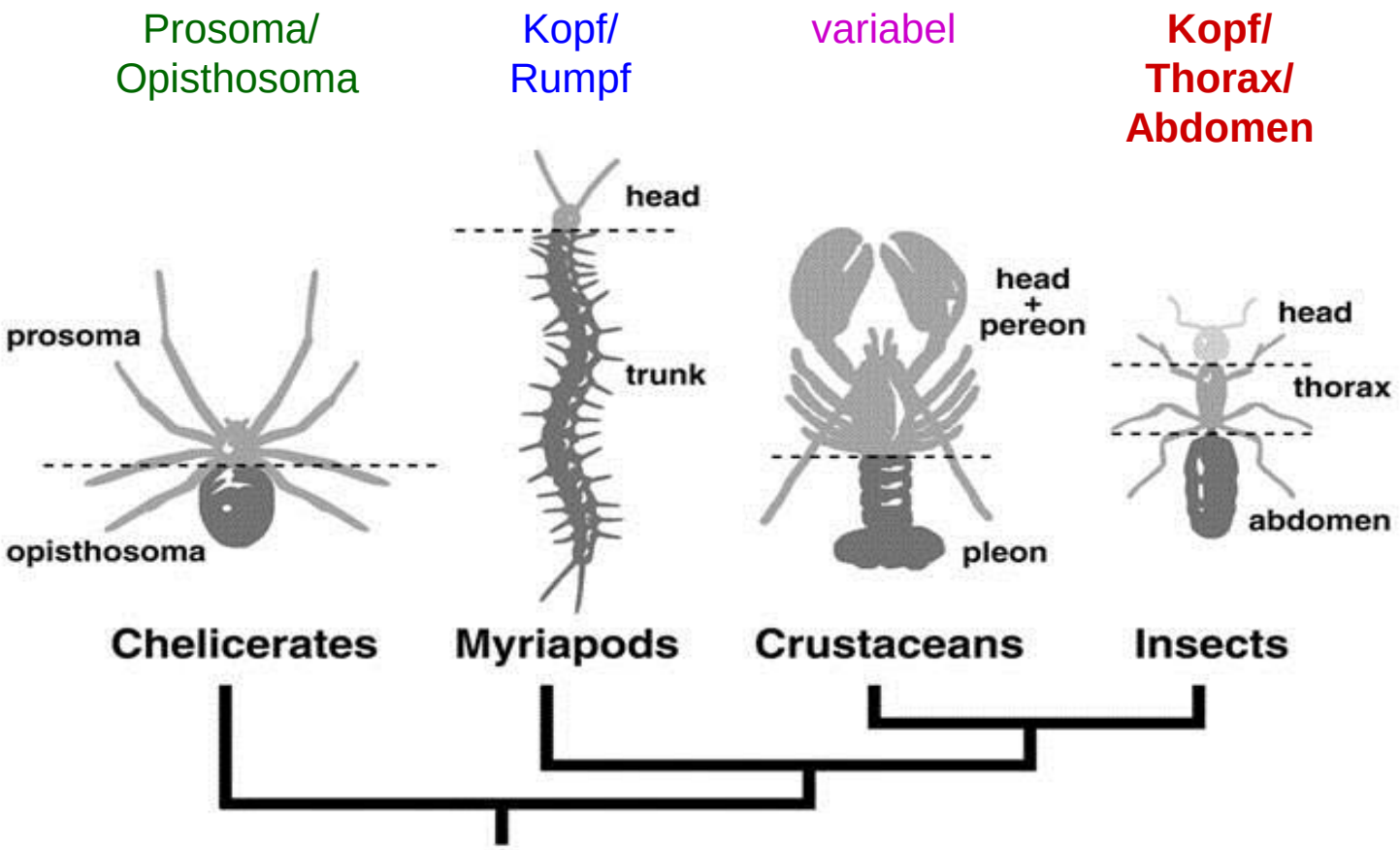
6 12 Beinpaare, 1 Paar Stigmen im Kopf

7 Maxillen fehlen; Geschlechtsöffnungen im 2. Rrumpfsegment; Stigmen nahe der Beinbasen

Aus Westheide & Rieger

Hexapoda

- **Körpergliederung innerhalb der EUARTHROPODA**

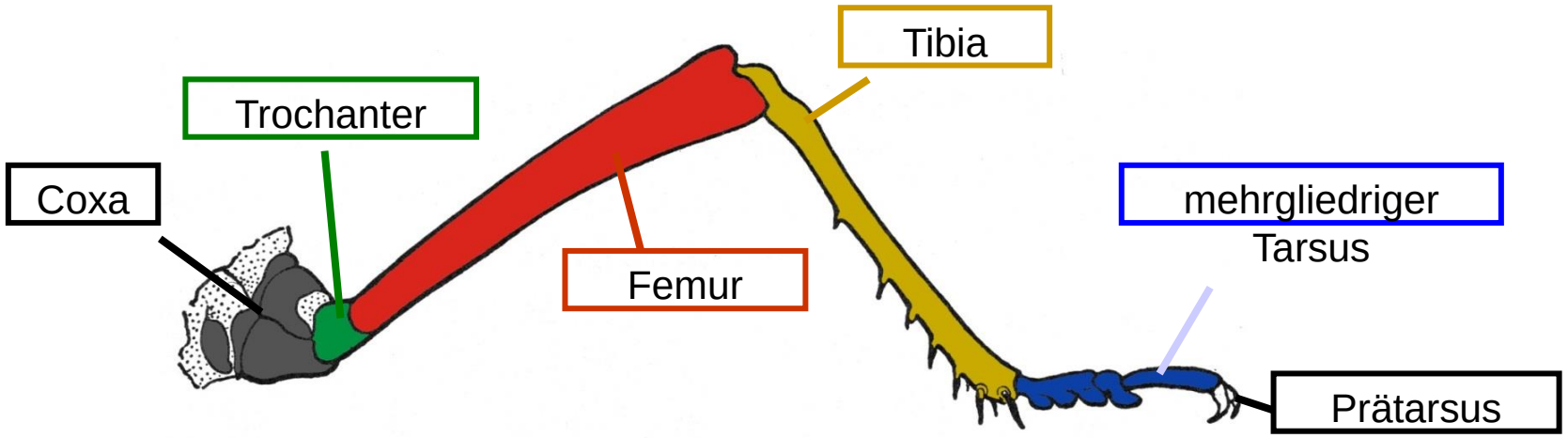


Hughes & Kaufman (2002) *Development* 129: 1225-1238

Hexapoda

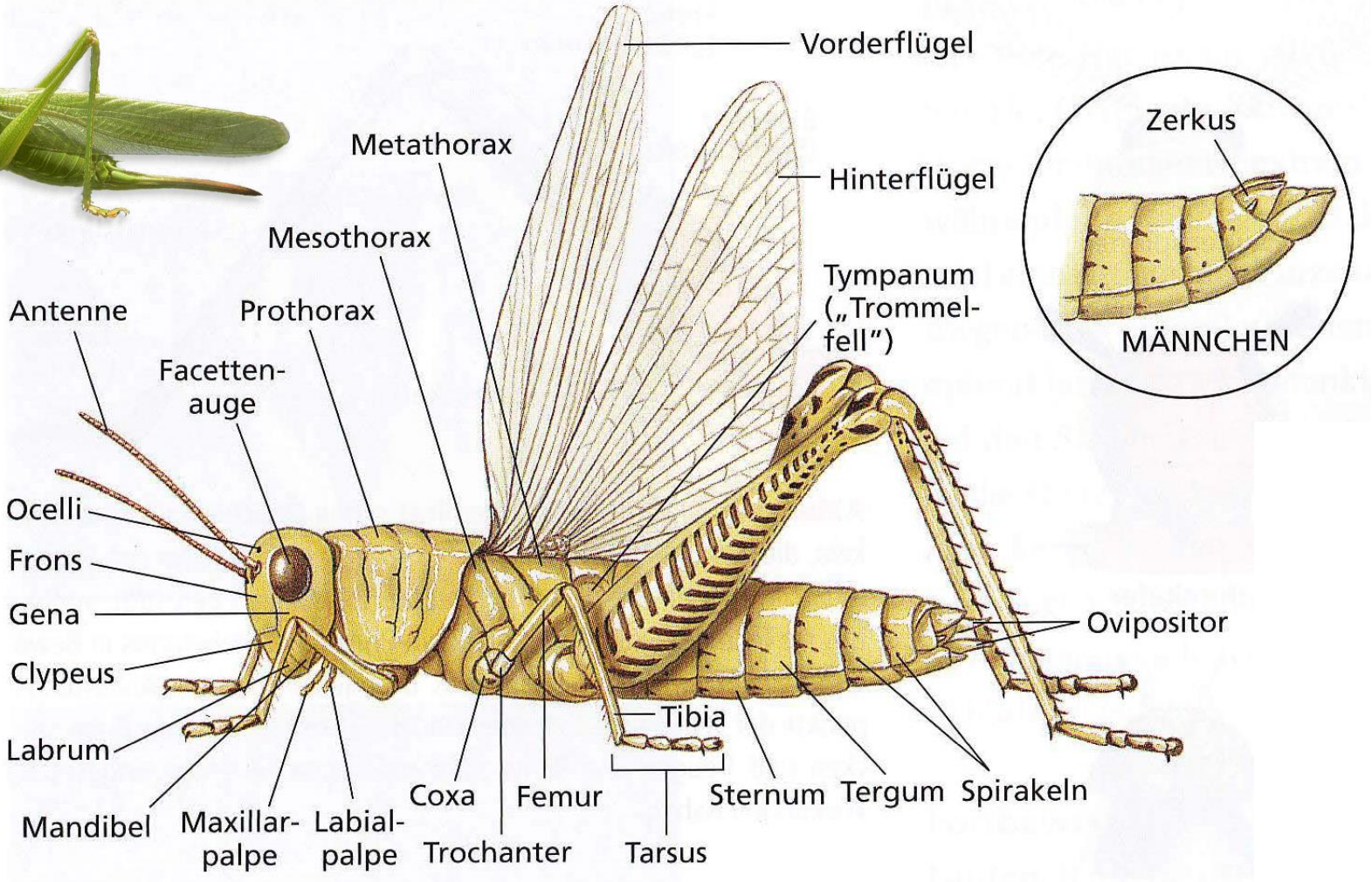
- **APOMORPHIEN der Insekten**

  - Körpergliederung in **Kopf** (6)**, Thorax** (3) **und Abdomen** (11 Segmente)
  - **Thorax mit 3 Beinpaaren**
  - Beingliederung in
    Coxa, Trochanter, Femur, Tibia, Tarsus und **Prätarsus**



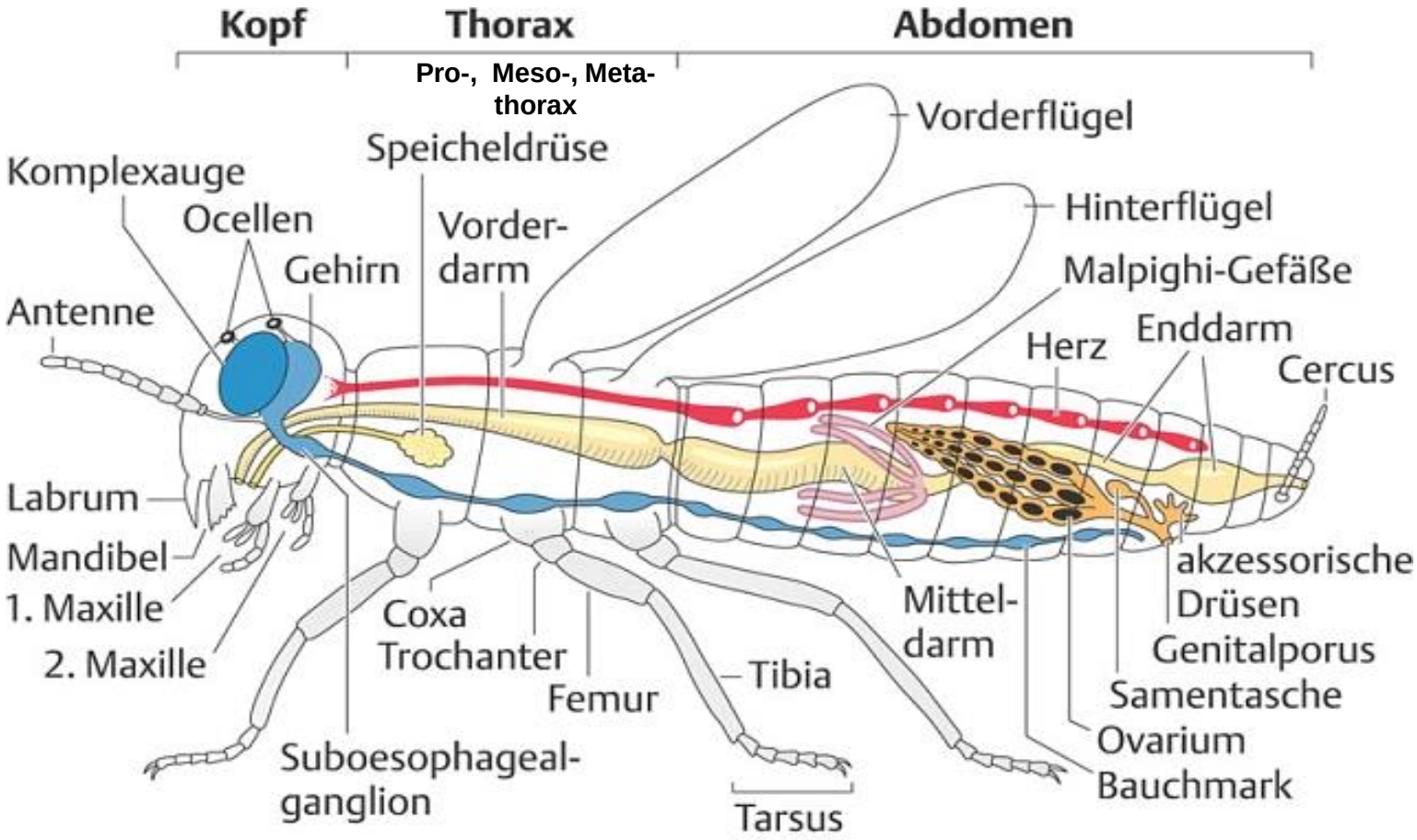
Hexapoda

- **äußere Organisation**



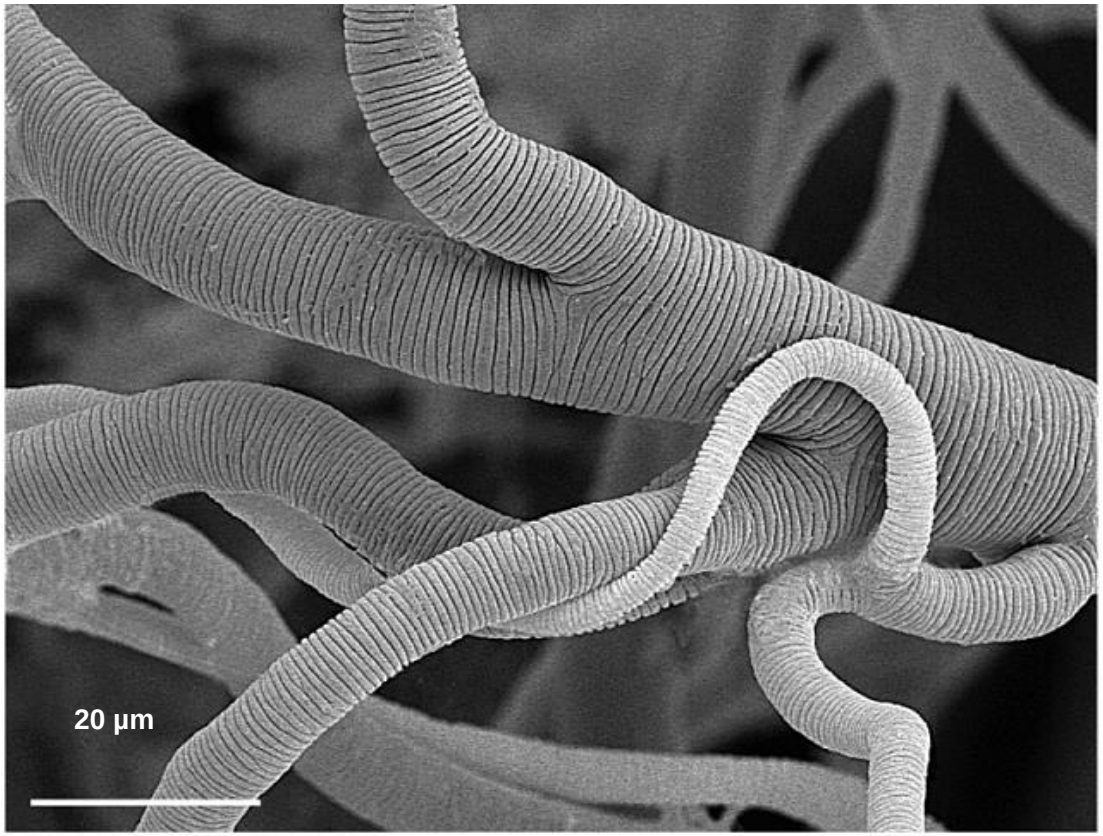
Hexapoda

- **innere Organisation**



Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

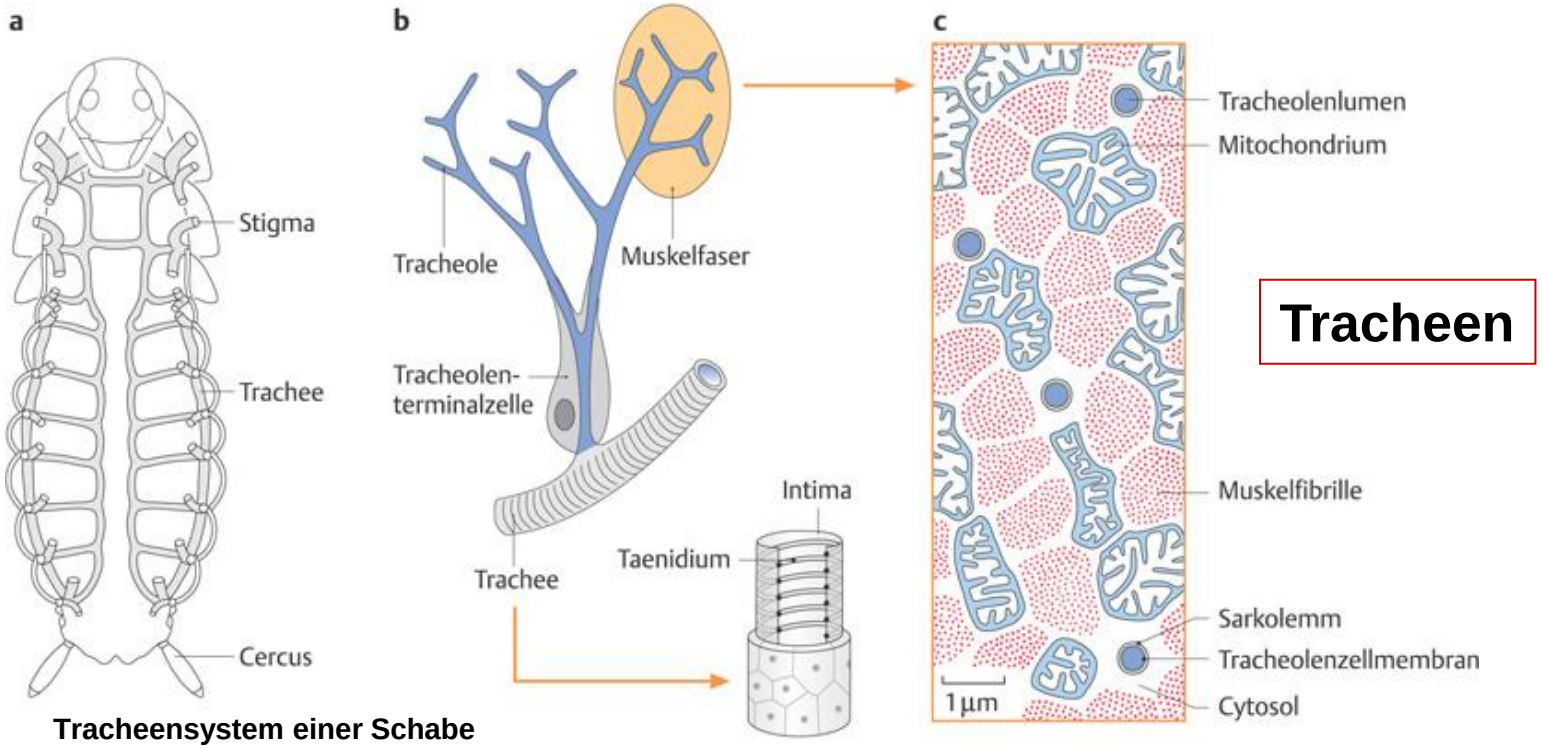
- **Atmungsorgane**



Anpassung ans Landleben

Rasterelektronische Aufnahme der **Beintracheen einer Ameise**
© Wehner & Gehring, 2007

- **Atmungsorgane der Insekten**



Tracheensystem einer Schabe

Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

Versorgung der Muskulatur mit Tracheolen (Querschnitt)

Tracheen und Tracheolen

- **Hexapoda und Myriapoda** besitzen als Atmungsorgane **Tracheen**, **röhrenförmige Einstülpungen der Epidermis,** die **in das Körperinnere ziehen** und sich dort **in Tracheolen verzweigen**. Die spiraligen Versteifungen der Cuticula (**Taenidium**) verhindern dabei ein Kollabieren der Röhren. Außen münden sie in **Stigmata** auf der Körperoberfläche.

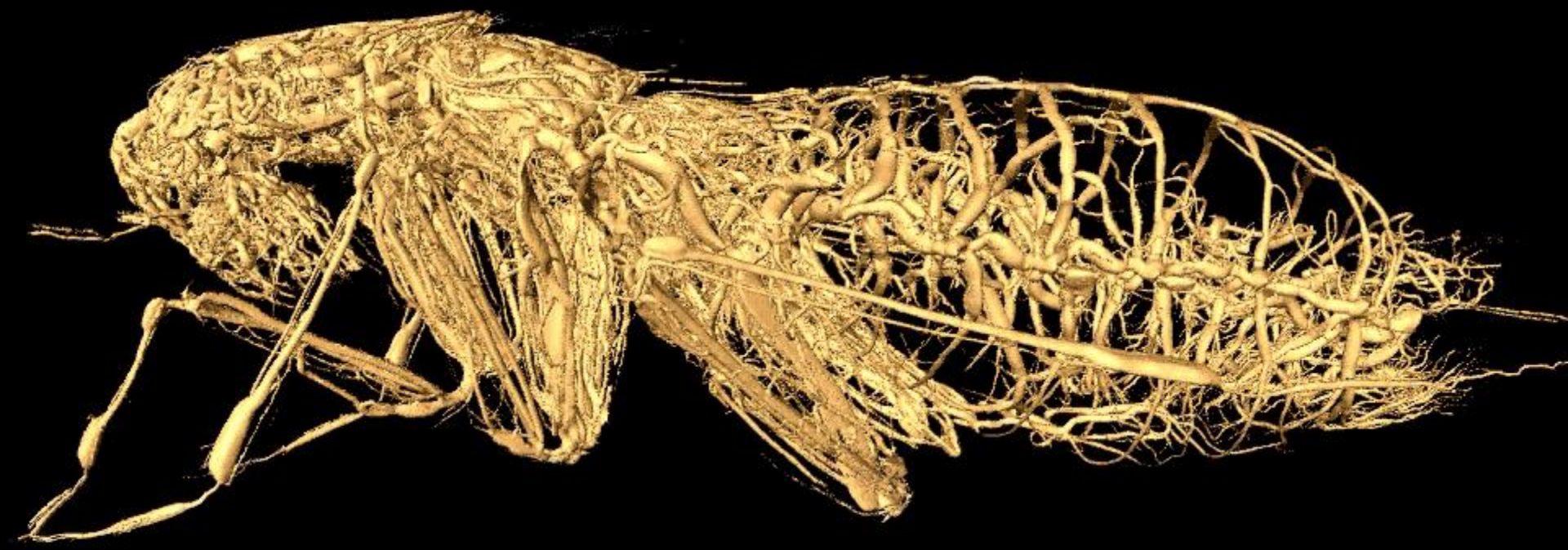
Periplaneta americana

(Amerikanische Großschabe)

Maik Pommeranz & Simon Lühring

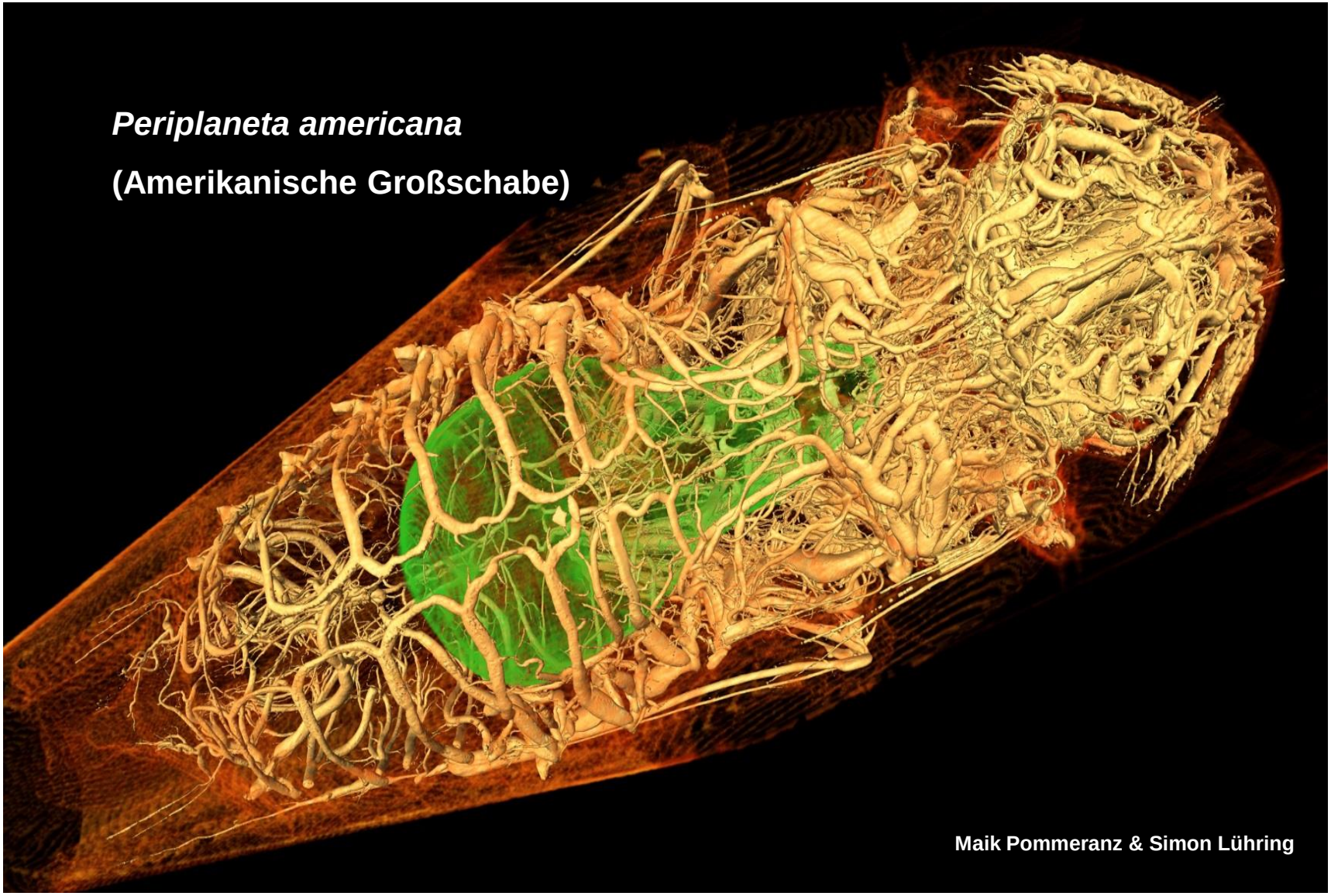
Periplaneta americana

(Amerikanische Großschabe)

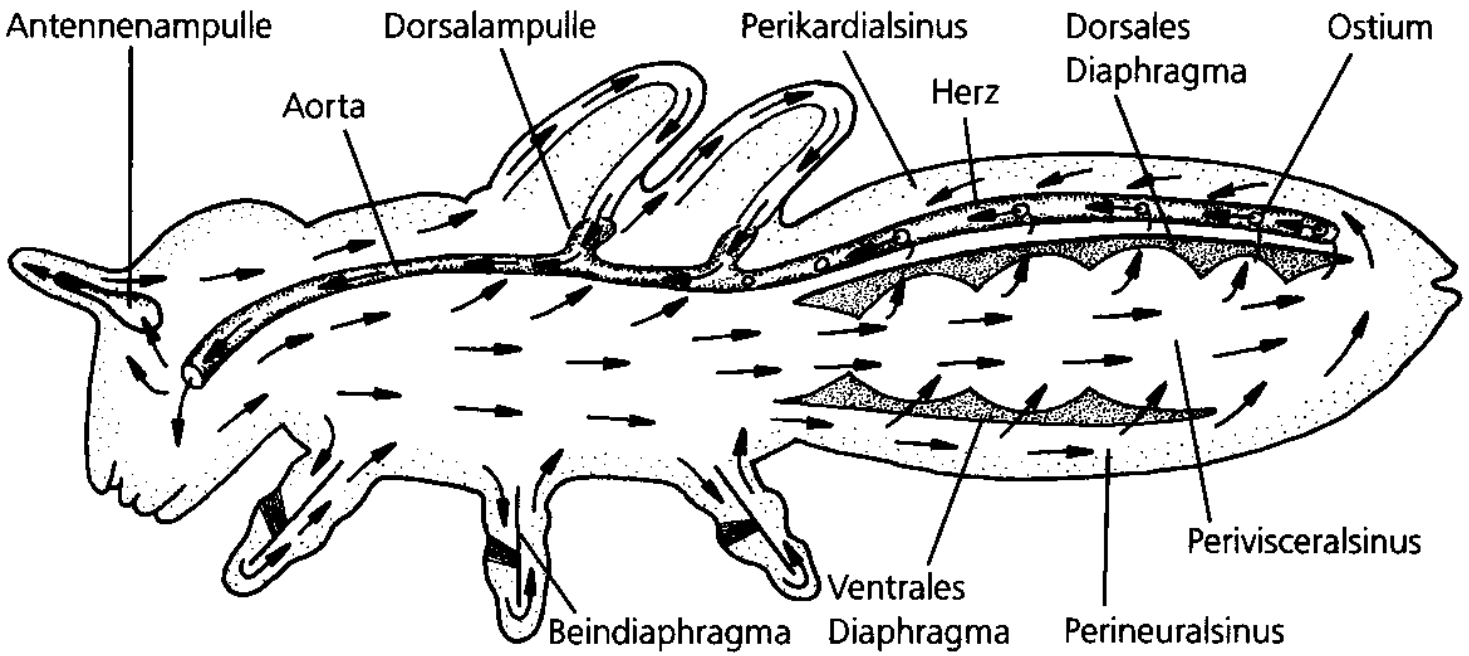


Maik Pommeranz & Simon Lühring

Hexapoda

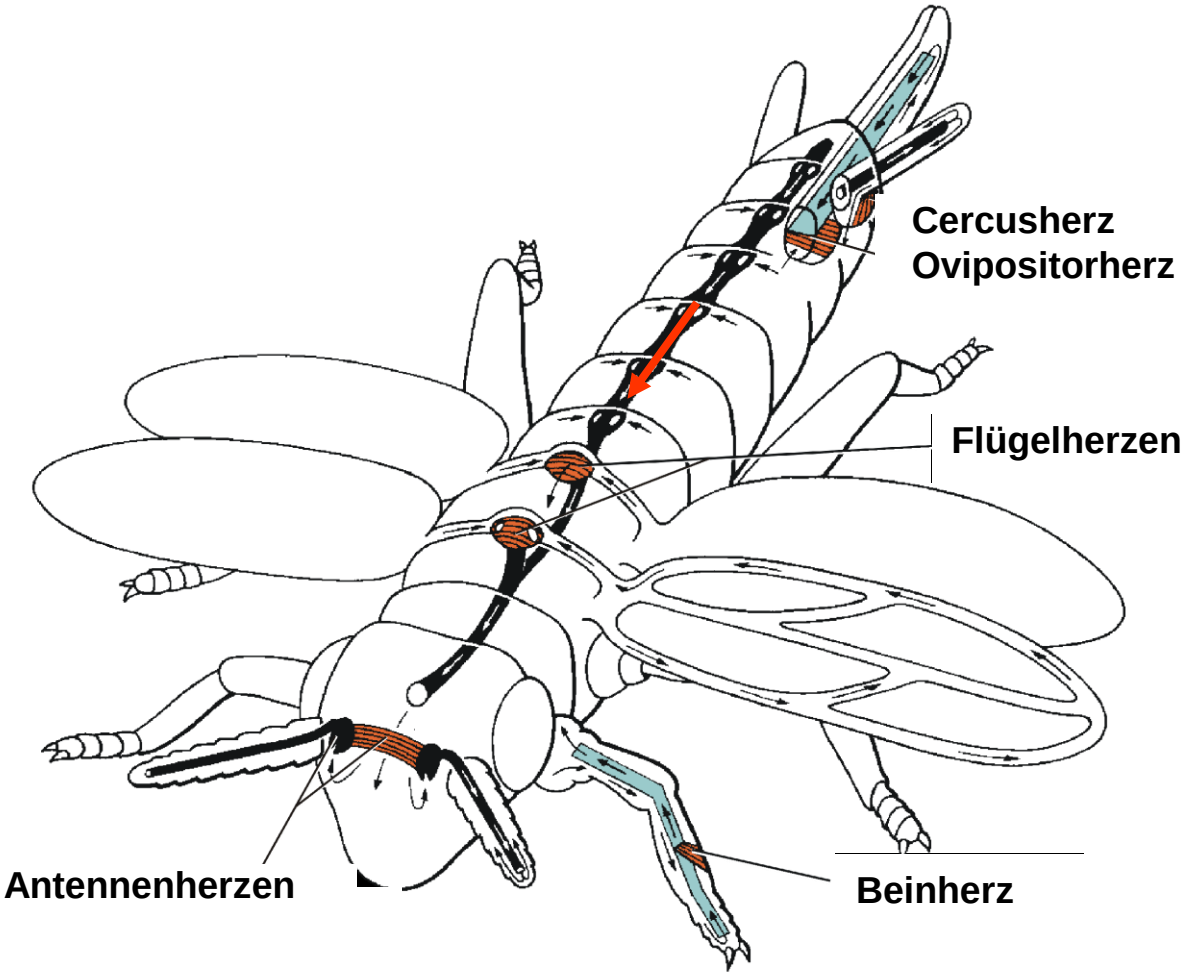

Periplaneta americana
(Amerikanische Großschabe)
Maik Pommeranz & Simon Lühring

- **Kreislaufsystem**



- Die effektive **O_2-Versorgung der Organe durch Tracheen** führt zur **Reduktion des Blutgefäßsystems** bis auf ein **Rückengefäß**.
- Das Dorsalgefäß pumpt die **Hämolymphe** nach vorn.

- **Kreislaufsystem**

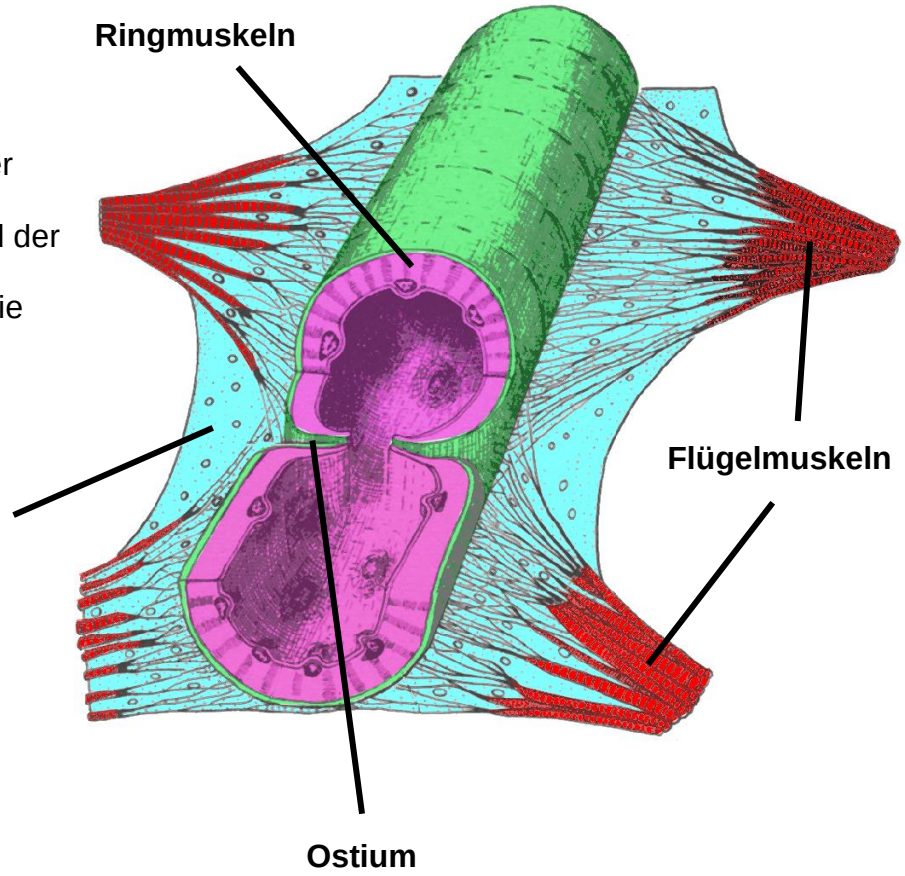


(nach G. Pass)

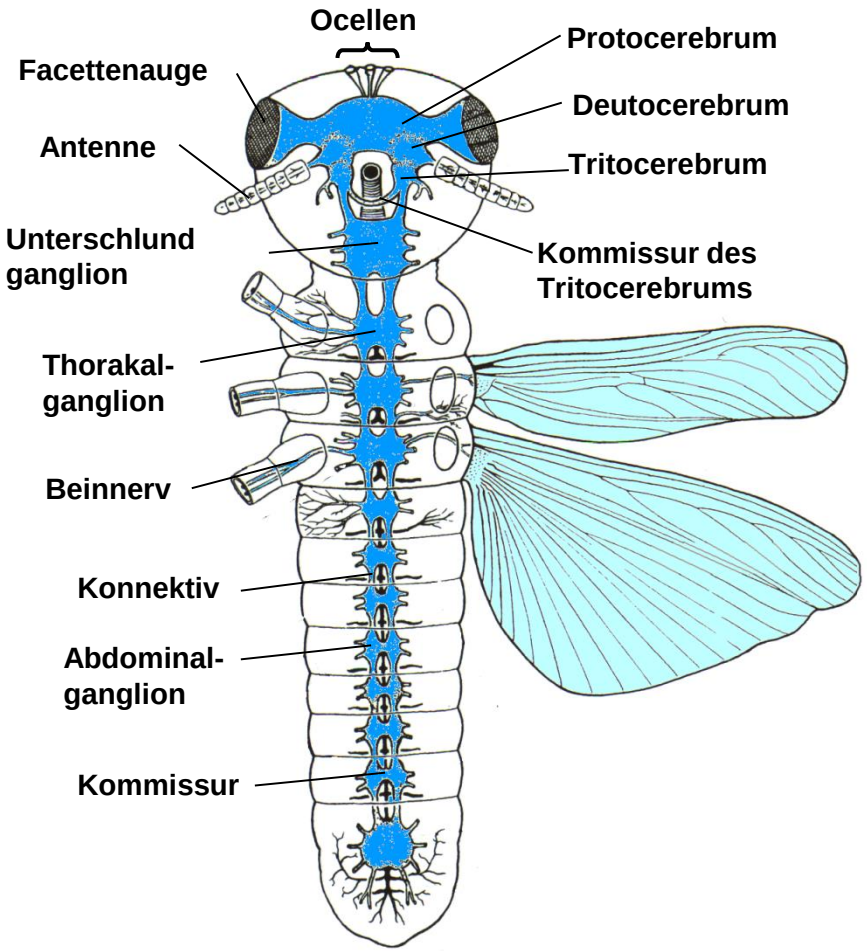
- **Kreislaufsystem**

Das Herz der Insekten

Das Herz ist ein muskulöser Schlauch, der den Körper von vorn bis hinten durchzieht.Durch die **Flügelmuskeln** wird der Herzschlauch erweitert, es entsteht ein Unterdruck. So kann Hämolymphe über die Ostien in das Rohr eingesaugt werden.



- **Nervensystem**



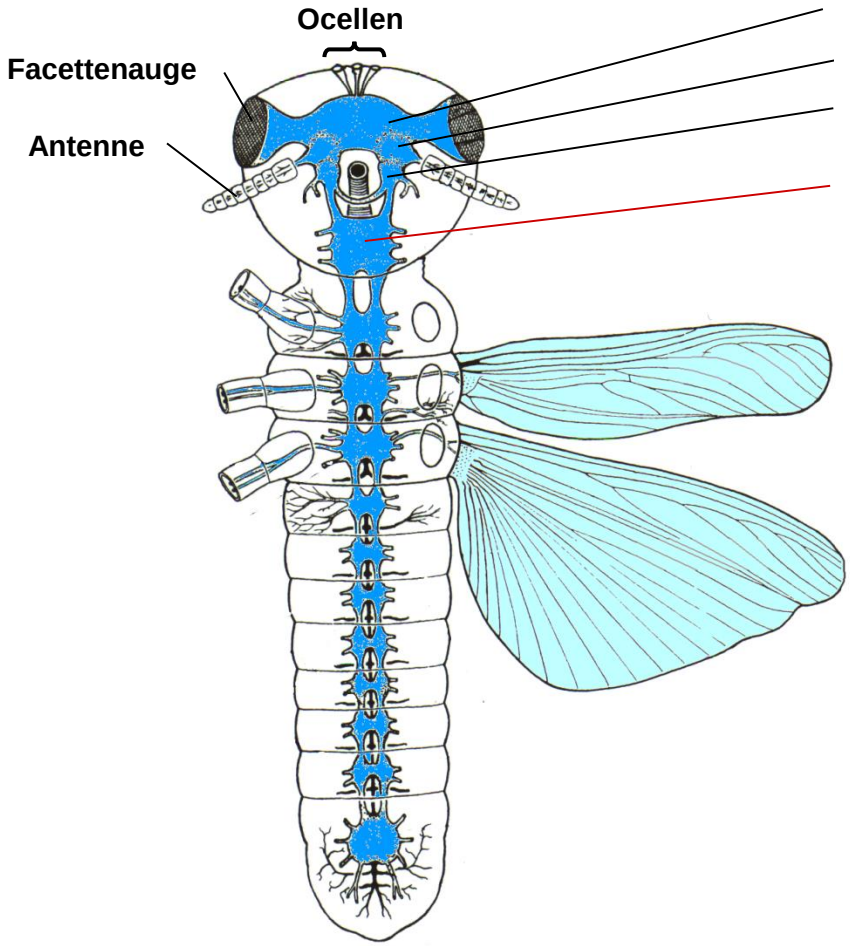
Strickleiternervensystem;

Ein Paar Ganglienknoten pro Segment

Die zwei Ganglien desselben Segments durch Kommissur verbunden

Ganglien aufeinanderfolgender Segmente durch Konnektive verbunden

- **Zentralnervensystem**

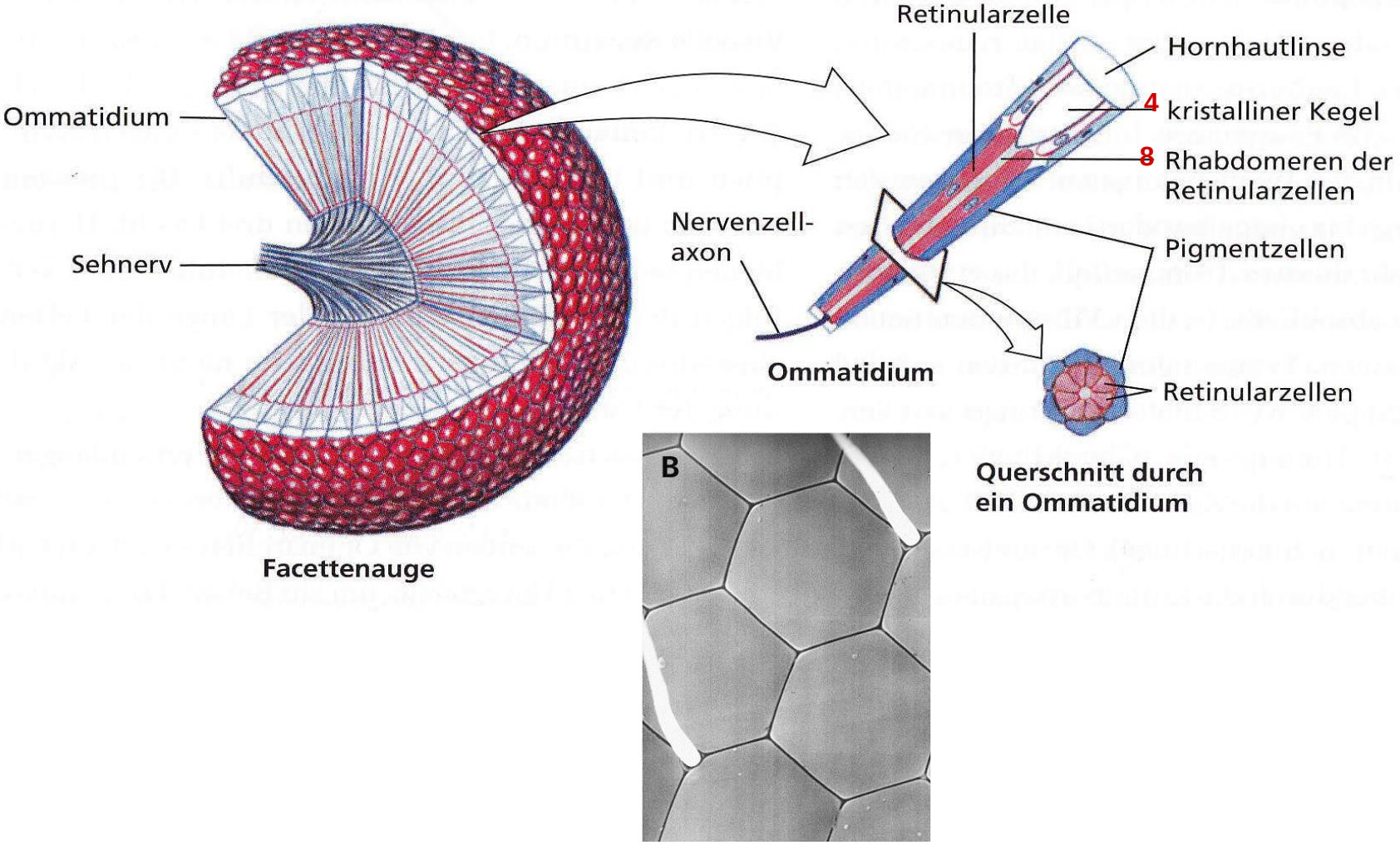


A Oberschlundganglion:
Protocerebrum (Komplexauge)
Deutocerebrum (Antenne)
Tritocerebrum

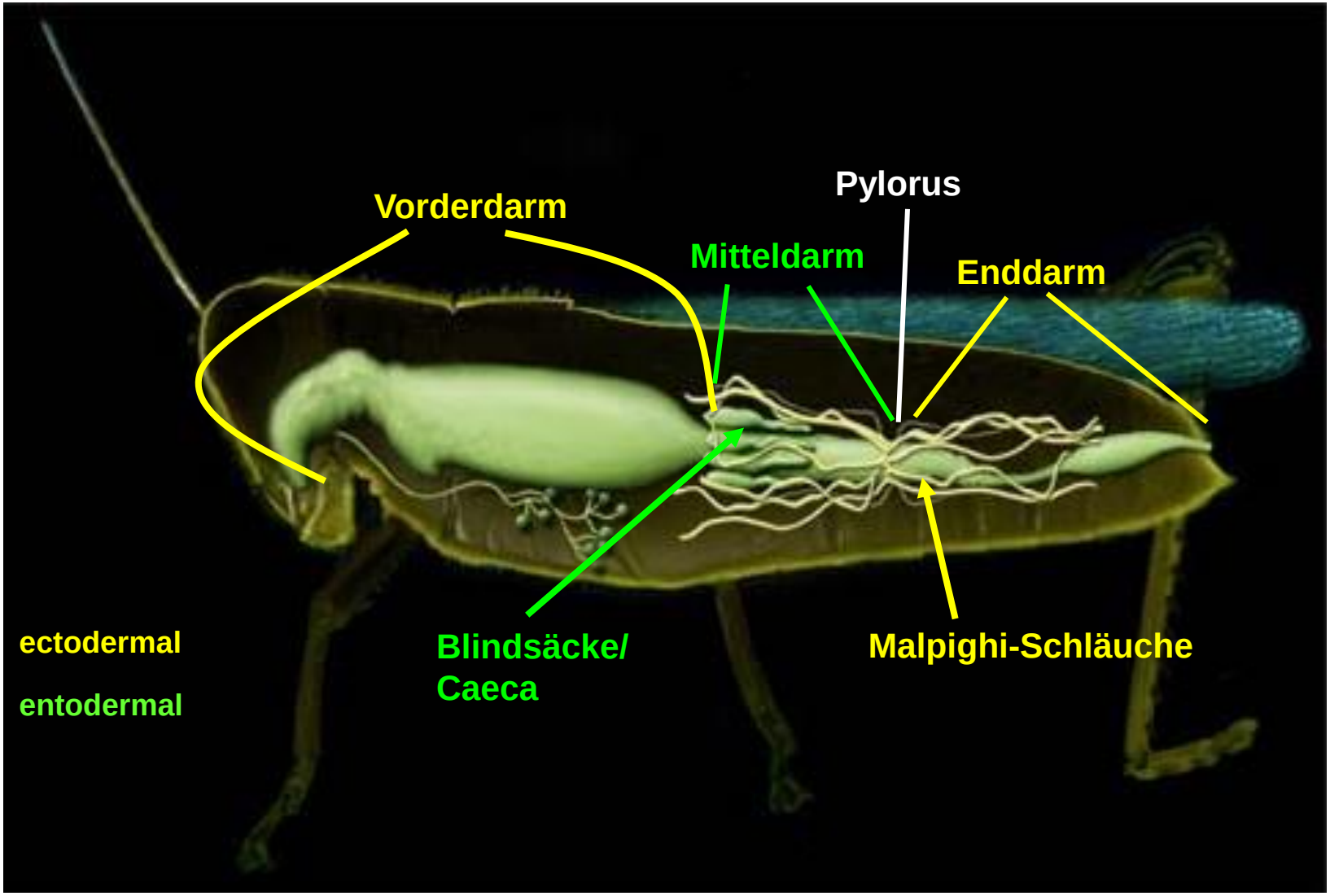
B Unterschlundganglion:
Mandibularganglion (Mandibel)
Maxillarganglion (Maxille 1)
Labialganglion (Labium=Maxille 2)

Hexapoda

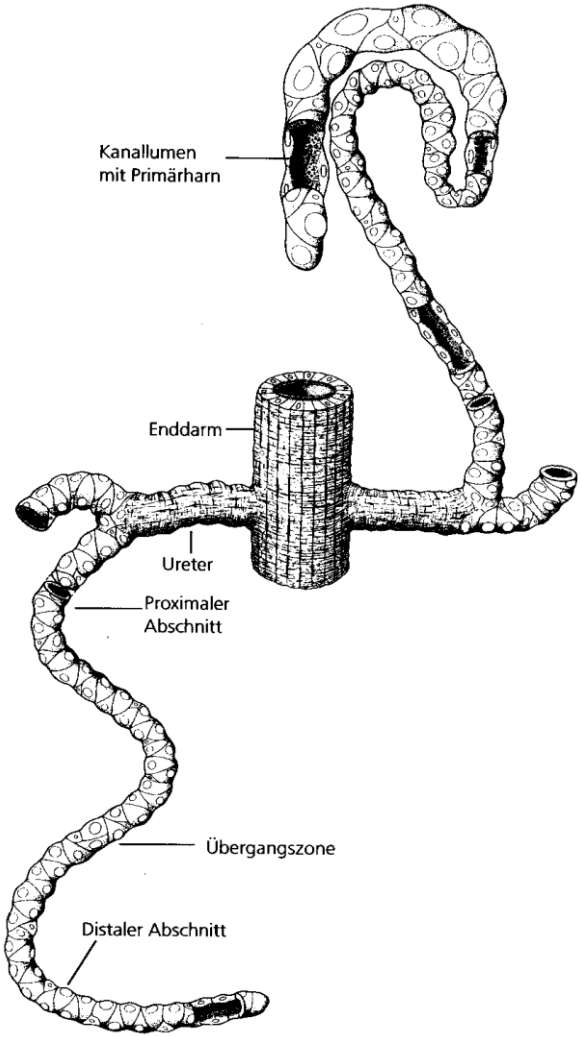
- **Komplexauge**



- **Darmtrakt & Exkretionsorgane**



- **Exkretionsorgane**



Malpighi´sche Gefäße

Am Übergang zum Enddarm münden 2-200 **blind endende ectodermale Schläuche**, die **Malpighischen Gefäße**. Sie dienen der **Exkretion** sowie der **Osmo- und Ionenregulation**.

In den **distalen Abschnitten** erfolgt die **Primärharnbildung** vor allem durch aktiven Transport. **Wasser wird in der Übergangszone rückresorbiert**, weitere verwertbare Stoffe im proximalen Abschnitt.

Anpassung ans Landleben

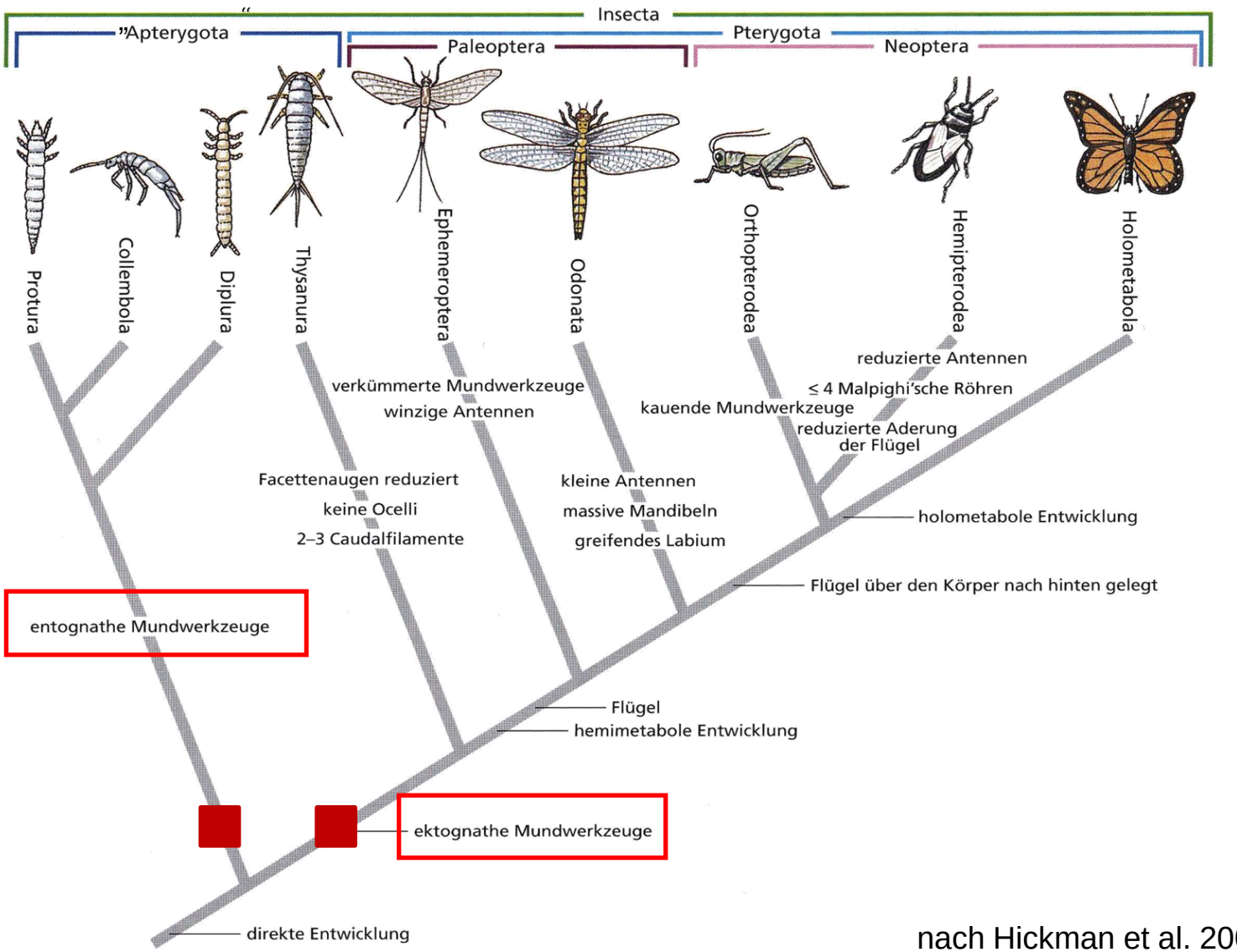
- **Mundwerkzeuge**

Tabelle 4: Homologisierung der Kopfteile mit den entsprechenden Extremitäten und Gehirnteilen der Euarthropoda.

Kopf-abschnitte	Gehirnteile	Extremitäten				
	Oberschlundganglion	† TRILOBITA	CHELICERATA	CRUSTACEA	„MYRIAPODA"	INSECTA
Acron	Archicerebrum / Protocerebrum					
1. Praeantennalsegment?	Prosocerebrum	Labrum?	Labrum?	Labrum?	Labrum?	Labrum?
2. Kopfsegment	Deutocerebrum	(1.) Antennen	----	1. Antennen	1. Antennen	1. Antennen
3. Kopfsegment	Tritocerebrum	1. Laufbeine	Cheliceren	2. Antennen		Interkalarsegment
4. Kopfsegment	Unterschlundganglien	2.Laufbeine	Pedipalpen	Mandibeln	Mandibeln	Mandibeln
5. Kopfsegment		3. Laufbeine	1. Laufbeine	1. Maxillen	1. Maxillen	(1.) Maxillen
6. Kopfsegment		4. Laufbeine	2. Laufbeine	2. Maxillen	2. Maxillen	Labium

Hexapoda

- **Mundwerkzeuge: ento- vs. ektognath**

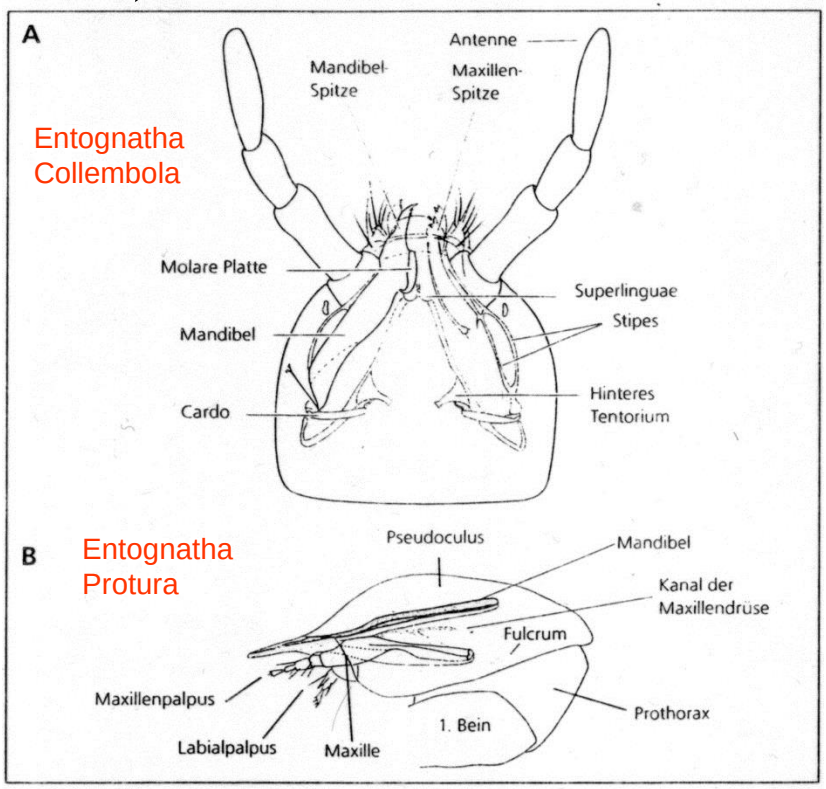


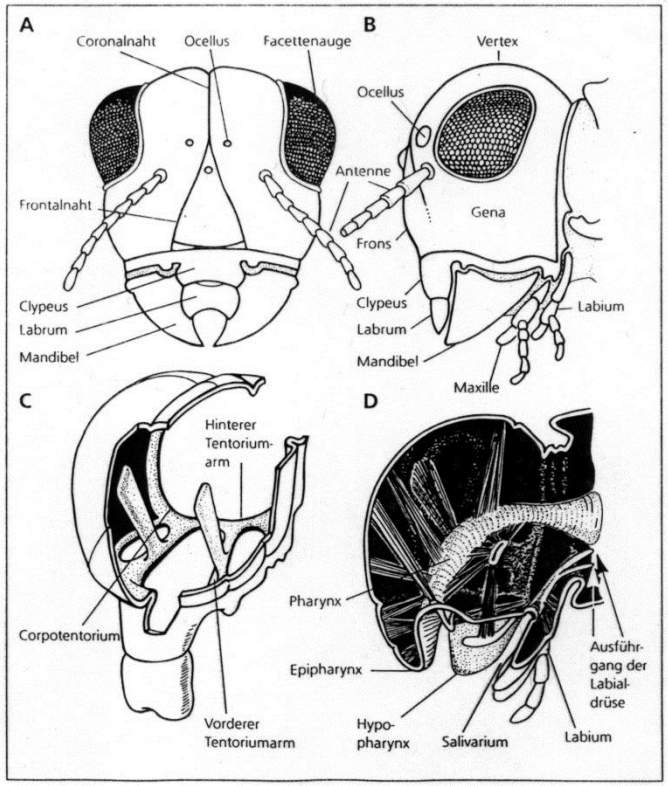
nach Hickman et al. 2008

Hexapoda

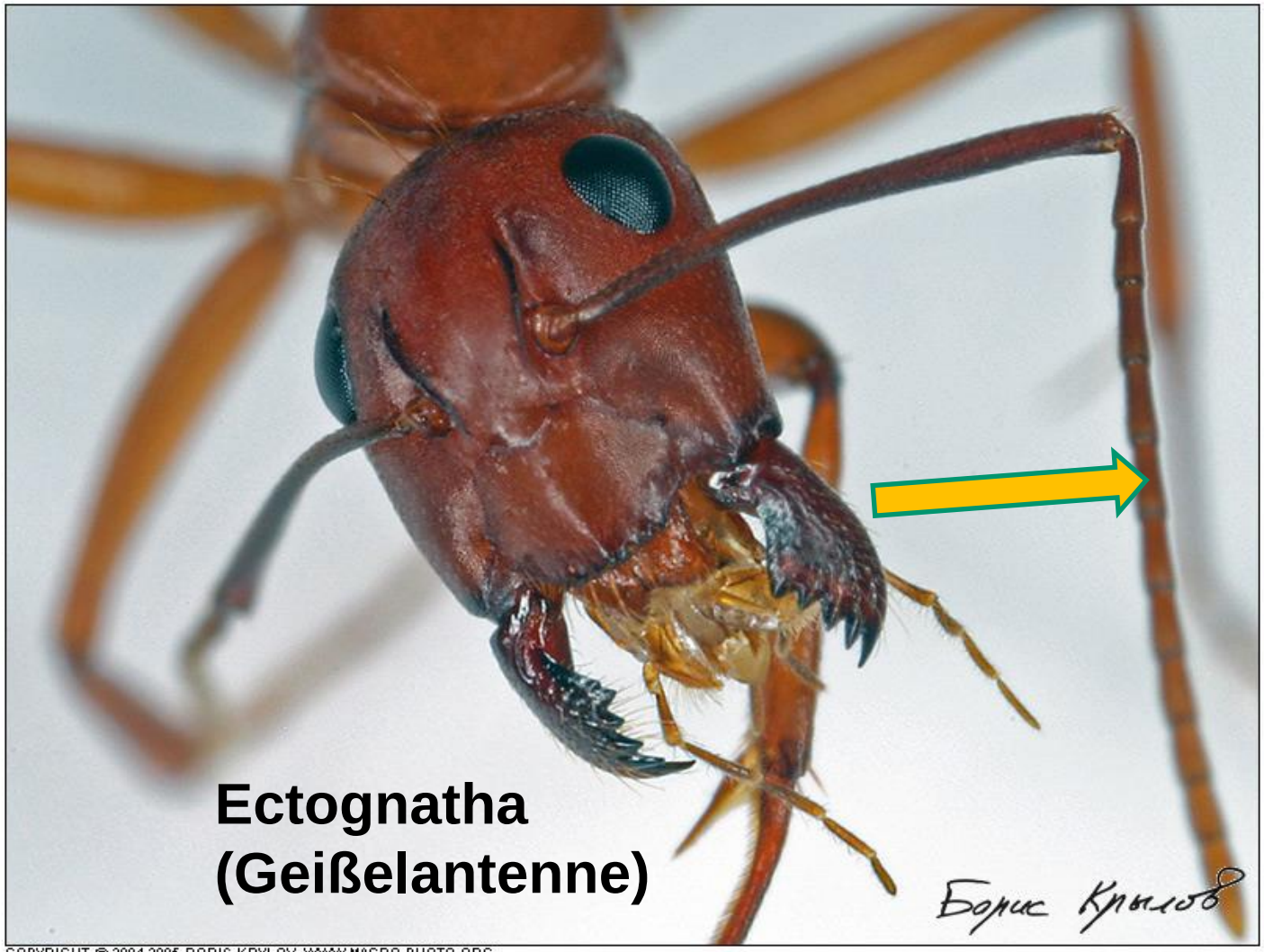
Entognatha - Collembola, Protura, Diplura = Apterygota
-> Mundwerkzeuge in Hauttasche verborgen

Ectognatha - **Thysanura, Pterygota**
-> Mundwerkzeuge frei





Hexapoda

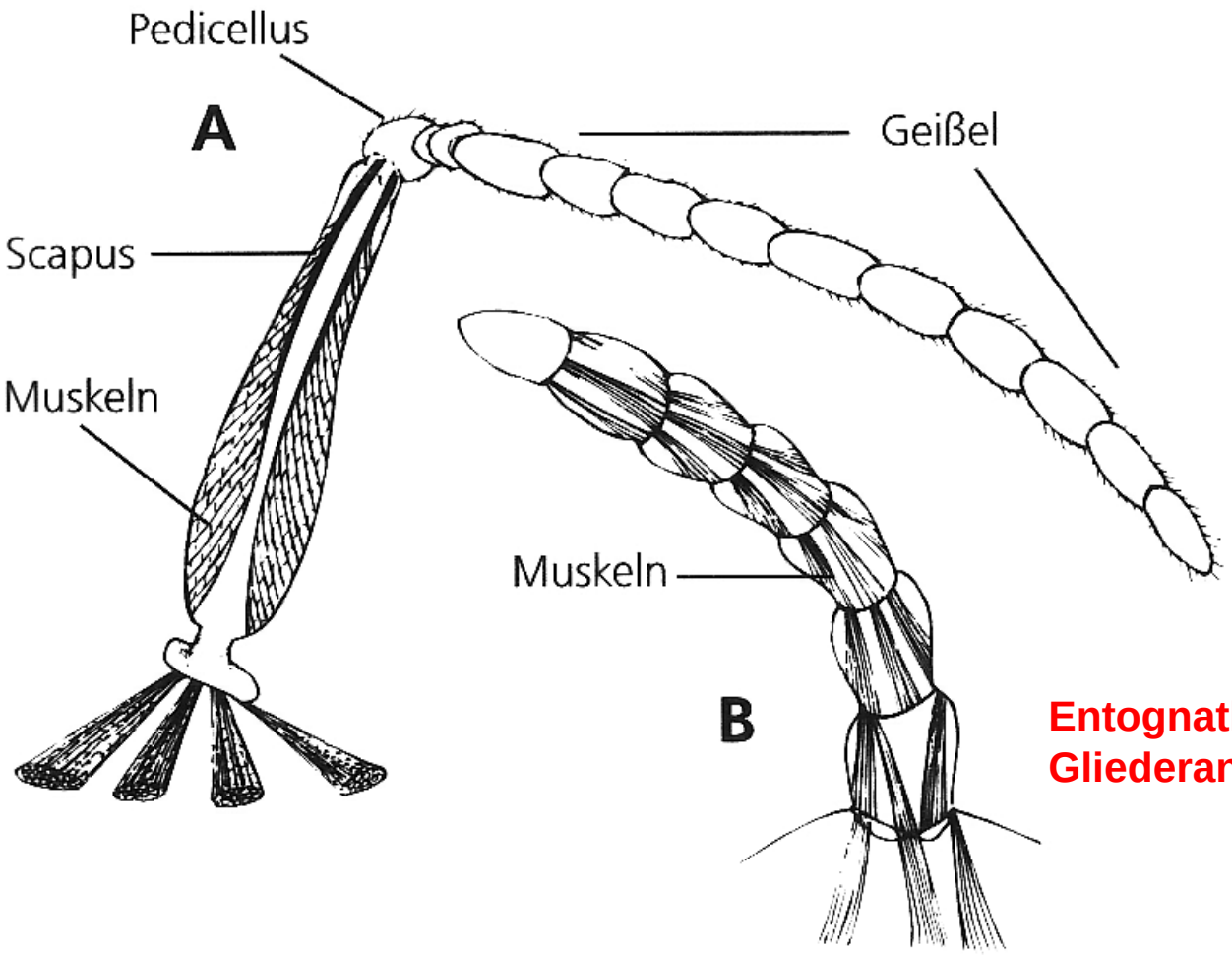


COPYRIGHT @ 2004-2005 BORIS KRYLOV, WWW.MACRO-PHOTO.ORG

Hexapoda

- **Antennentypen**

Ectognatha: Geißelantenne



Entognatha: Gliederantenne

Hexapoda

- **primär ungeflügelte Insekten: „Apterygota“**

Entognatha

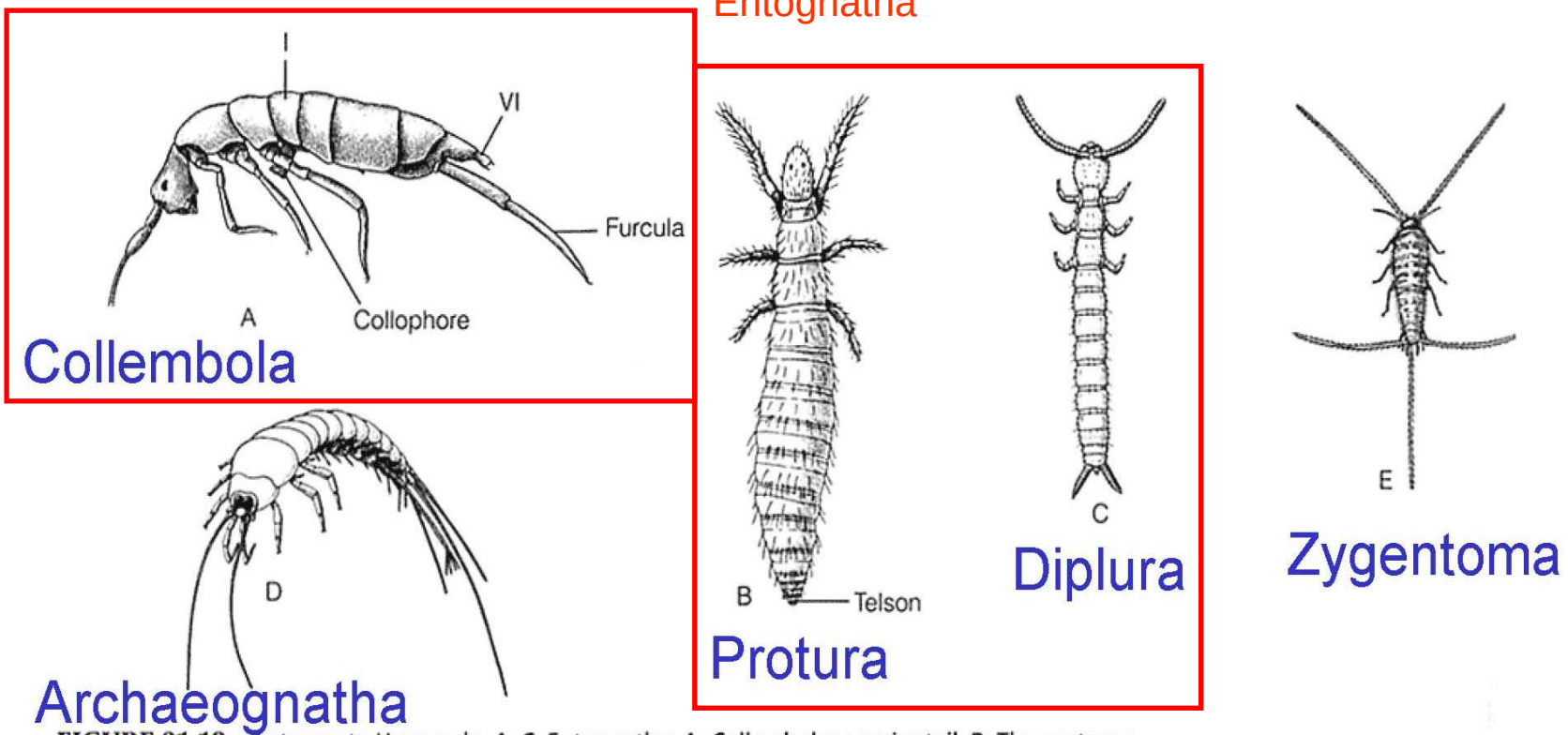
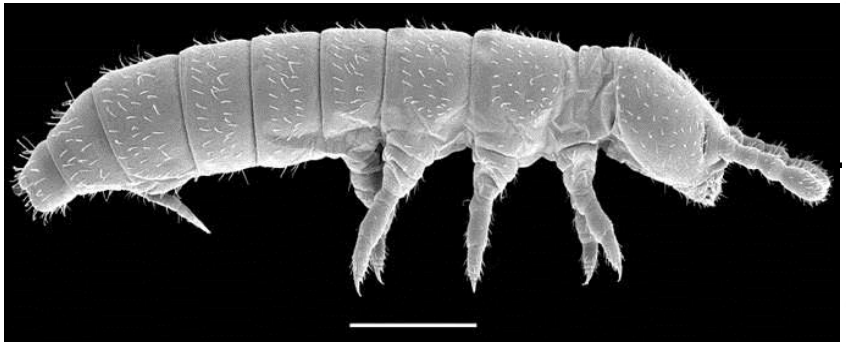


FIGURE 21-18 Apterygote Hexapoda. **A–C**, Entognatha. **A**, Collembola: a springtail. **B**, The proturan *Acerentulus barberi*. **C**, Japygina: *Anajapyx vesiculosus*. **D** and **E**, Apterous insects. **D**, Archeognatha, a jumping bristletail. **E**, Zygentoma, a silverfish. *(A, After Willem. B, After Ewing, 1940, from Ross. C, After Borror. D, After Borror. E, After Lutz.)*

Hexapoda



Lepismatidae

602 Antennata (Tracheata, Monantennata)

Abb. 839: Fossilfunde der Insekten-Taxa. Nach Naumann et al. (1991).

- **Erdgeschichte**

Systematische Zoologie

- **Die Vorlesung – *Was werden Sie hören ?***

Biodiversität der Tiere 9:45-11:15 Großer Hörsaal
61-011 Systematische Zoologie

Termin	KW	Datum	Thema	
1	14	2. Apr.	Einführung Zool. Systematik, Protista	
2	15	9. Apr.	Einführung, Metazoa	
3	16	16. Apr.	Metazoa, Bilateria	Protostomia
4	17	23. Apr.	Platyzoa - Mollusca	
5	18	30. Apr.	Annelida - Nematoda	
6	19	7. Mai.	Ecdysozoa: Chelicerata	
7	20	14. Mai.	Crustacea	
		Christi Himmelfahrt 21. Mai		
8	22	28. Mai.	Myriapoda - Insecta	
		Pfingstunterbrechung 4. Juni		
9	24	11. Jun.	Deuterostomia, Echinodermata	Deuterostomia
10	25	18. Jun.	Acrania, Pisces - Amphibia	
11	26	26. Jul.	Reptilia - Aves	
12	27	02. Jul 20	Mammalia	
	30	24. Jul 20	Haupttermin (Freitag)	
	40	02. Okt 20	Wiederholungstermin (Freitag)	